



**PATENT APPLICATION**

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re the Application of

#4

Yoshitaka SASAKI

Application No.: 09/888,504

Filed: June 26, 2001

Docket No.: 109764

For: THIN FILM MAGNETIC HEAD AND THE MANUFACTURING METHOD

**CLAIM FOR PRIORITY**

Director of the U.S. Patent and Trademark Office  
Washington, D.C. 20231

Sir:

The benefit of the filing date of the following prior foreign application filed in the following foreign country is hereby requested for the above-identified patent application and the priority provided in 35 U.S.C. §119 is hereby claimed:

Japanese Patent Application No. 2000-195125, filed June 28, 2000

In support of this claim, a certified copy of said original foreign application:

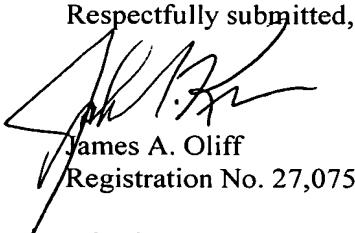
is filed herewith.

\_\_\_\_\_ was filed on \_\_\_\_\_ in Parent Application No. \_\_\_\_\_ filed \_\_\_\_\_.

\_\_\_\_\_ will be filed at a later date.

It is requested that the file of this application be marked to indicate that the requirements of 35 U.S.C. §119 have been fulfilled and that the Patent and Trademark Office kindly acknowledge receipt of this document.

Respectfully submitted,



James A. Oliff  
Registration No. 27,075

John S. Kern  
Registration No. 42,719

JAO:JSK/cln

Date: October 19, 2001

**OLIFF & BERRIDGE, PLC**  
**P.O. Box 19928**  
**Alexandria, Virginia 22320**  
**Telephone: (703) 836-6400**

**DEPOSIT ACCOUNT USE  
AUTHORIZATION**  
Please grant any extension  
necessary for entry;  
Charge any fee due to our  
Deposit Account No. 15-0461



日本特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日

Date of Application:

2000年 6月 28日

出願番号

Application Number:

特願2000-195125

出願人

Applicant(s):

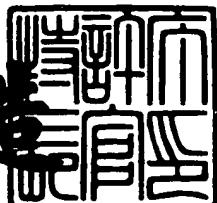
ティーディーケイ株式会社

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

2001年 6月 4日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3052498

【書類名】 特許願

【整理番号】 TD01700

【提出日】 平成12年 6月28日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G11B 05/31

【発明者】

【住所又は居所】 東京都中央区日本橋一丁目13番1号 ティーディーケイ株式会社内

【氏名】 佐々木 芳高

【特許出願人】

【識別番号】 000003067

【氏名又は名称】 ティーディーケイ株式会社

【代表者】 澤部 肇

【代理人】

【識別番号】 100109656

【弁理士】

【氏名又は名称】 三反崎 泰司

【代理人】

【識別番号】 100098785

【弁理士】

【氏名又は名称】 藤島 洋一郎

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 019482

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 薄膜磁気ヘッドおよびその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項1】 記録媒体に対向する記録媒体対向面側の一部に、ギャップ層を介して対向する2つの磁極を含む、互いに磁気的に連結された第1の磁性層および第2の磁性層と、前記第1の磁性層と第2の磁性層との間に絶縁層を介して配設された薄膜コイル部とを有すると共に、前記第1の磁性層が、前記記録媒体対向面からこの面より離れる方向に延在すると共に記録媒体の記録トラック幅を規定する一定幅部分を含む所定の磁性層部分を有する薄膜磁気ヘッドであって、

前記所定の磁性層部分は、前記ギャップ層に対して遠い側から順に配設された第1の磁性膜および第2の磁性膜を含み、

前記第1の磁性膜および第2の磁性膜は、共に1.5テスラ以上の磁束密度を有する磁性材料よりなる

ことを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

【請求項2】 前記第1の磁性膜および第2の磁性膜のうちの少なくとも一方は、ニッケル鉄合金または窒化鉄のいずれかを含む材料よりなる

ことを特徴とする請求項1記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項3】 前記第1の磁性膜および第2の磁性膜のうちの少なくとも一方は、アモルファス合金を含む材料よりなる

ことを特徴とする請求項1記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項4】 前記アモルファス合金は、コバルト鉄合金、ジルコニウムコバルト鉄酸化物合金またはジルコニウム鉄窒化物合金のいずれかである

ことを特徴とする請求項3記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項5】 前記第1の磁性膜および第2の磁性膜のうちの少なくとも一方は、鉄、ニッケルおよびコバルトを含む材料よりなる

ことを特徴とする請求項1記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項6】 前記第1の磁性膜は、鉄、ニッケルおよびコバルトを含む材料よりなり、

前記第2の磁性膜は、ニッケル鉄合金またはコバルト鉄合金のいずれかを含む材料よりなる

ことを特徴とする請求項1記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項7】 前記第1の磁性膜と前記第2の磁性膜との界面は平坦であることを特徴とする請求項1ないし請求項6のいずれか1項に記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項8】 前記第2の磁性層と前記第2の磁性膜との間に、後方部が前記絶縁層と連結し前端が前記記録媒体対向面の手前の所定の位置で終端するよう延在する第1の非磁性層パターンが配設されている。

ことを特徴とする請求項1ないし請求項7のいずれか1項に記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項9】 前記第1の非磁性層パターンは、非磁性金属よりなることを特徴とする請求項8記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項10】 さらに、

前記第1の非磁性層パターンと前記第2の磁性膜との間に、後方部が前記絶縁層と連結し前端が前記第1の非磁性層パターンの前端よりも後方の位置で終端するよう延在する第2の非磁性層パターンが配設されている

ことを特徴とする請求項8または請求項9に記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項11】 前記第2の磁性層は、平坦な表面を有し、前記第1の非磁性層パターンの前端近傍および前記第2の非磁性層パターンの前端近傍は、前記第2の磁性層の平坦な表面に対して傾斜していることを特徴とする請求項10記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項12】 前記第1の非磁性層パターンの前端は、前記所定の磁性層部分における一定幅部分の延在領域内に位置する

ことを特徴とする請求項8ないし請求項11のいずれか1項に記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項13】 記録媒体に対向する記録媒体対向面側の一部に、ギャップ層を介して対向する2つの磁極を含む、互いに磁気的に連結された第1の磁性層および第2の磁性層と、前記第1の磁性層と第2の磁性層との間に絶縁層を介し

て配設された薄膜コイル部とを有すると共に、前記第1の磁性層が、前記記録媒体対向面からこの面より離れる方向に延在すると共に記録媒体の記録トラック幅を規定する一定幅部分を含む所定の磁性層部分を有する薄膜磁気ヘッドの製造方法であって、

前記所定の磁性層部分を形成する工程は、  
磁性材層を形成する工程と、  
この磁性材層上に前記所定の磁性層部分の一部をなす第1の磁性膜を選択的に形成する工程と、  
この第1の磁性膜をマスクとして用いて前記磁性材層を選択的にエッチングすることにより、前記所定の磁性層部分の他の一部をなす第2の磁性膜を選択的に形成するエッチング工程と  
を含むことを特徴とする薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項14】 前記第1の磁性膜および前記第2の磁性膜のうちの少なくとも一方の形成材料として、ニッケル鉄合金または窒化鉄のいずれかを含む材料を用いる

ことを特徴とする請求項13記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項15】 前記第1の磁性膜および前記第2の磁性膜のうちの少なくとも一方の形成材料として、アモルファス合金を含む材料を用いる  
ことを特徴とする請求項13記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項16】 前記アモルファス合金として、コバルト鉄合金、ジルコニウムコバルト鉄酸化物合金またはジルコニウム鉄窒化物合金のいずれかを用いる  
ことを特徴とする請求項15記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項17】 前記第1の磁性膜および前記第2の磁性膜のうちの少なくとも一方の形成材料として、鉄、ニッケルおよびコバルトを含む材料を用いる  
ことを特徴とする請求項13記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項18】 前記磁性材層の形成材料としてニッケル鉄合金またはコバルト鉄合金のいずれかを含む材料を用い、

前記第1の磁性膜の形成材料として鉄、ニッケルおよびコバルトを含む材料を用いる

ことを特徴とする請求項13記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項19】 前記磁性材層をスパッタリングにより形成し、  
前記第1の磁性膜をめっき膜の成長により形成する

ことを特徴とする請求項13ないし請求項18のいずれか1項に記載の薄膜磁  
気ヘッドの製造方法。

【請求項20】 前記エッチング工程を反応性イオンエッチングにより行う  
ことを特徴とする請求項13ないし請求項19のいずれか1項に記載の薄膜磁  
気ヘッドの製造方法。

【請求項21】 塩素および三塩化ボロンのうちの少なくとも1を含むガス  
雰囲気中において前記エッチング工程を行う

ことを特徴とする請求項13ないし請求項20のいずれか1項に記載の薄膜磁  
気ヘッドの製造方法。

【請求項22】 50°Cないし300°Cの範囲内の温度下において前記  
エッチング工程を行う

ことを特徴とする請求項13ないし請求項21のいずれか1項に記載の薄膜磁  
気ヘッドの製造方法。

【請求項23】 前記エッチング工程において、さらに、  
前記ギャップ層および前記第2の磁性層のうち、前記所定の磁性層部分におけ  
る一定幅部分の形成領域以外の領域を選択的に除去する

ことを特徴とする請求項13ないし請求項22のいずれか1項に記載の薄膜磁  
気ヘッドの製造方法。

【請求項24】 記録媒体に対向する記録媒体対向面側の一部に、ギャップ  
層を介して対向する2つの磁極を含む、互いに磁気的に連結された第1の磁性層  
および第2の磁性層と、前記第1の磁性層と第2の磁性層との間に絶縁層を介し  
て配設された薄膜コイル部とを有すると共に、前記第1の磁性層が、前記記録媒  
体対向面からこの面より離れる方向に延在すると共に記録媒体の記録トラック幅  
を規定する一定幅部分を含む所定の磁性層部分を有する薄膜磁気ヘッドの製造方  
法であって、

前記所定の磁性層部分を形成する工程は、

前記第2の磁性層上に第1の非磁性層パターンを選択的に形成する工程と、  
前記第1の非磁性層パターンおよびその周辺の前記第2の磁性層を覆うように  
前記ギャップ層を形成する工程と、  
前記ギャップ層上に磁性材層を形成する工程と、  
この磁性材層の表面を研磨して平坦化する工程と、  
この平坦化された磁性材層上に前記所定の磁性層部分の一部をなす第1の磁性  
膜を選択的に形成する工程と、  
この第1の磁性膜をマスクとして用いて前記磁性材層を選択的にエッティングす  
ることにより、前記所定の磁性層部分の他の一部をなす第2の磁性膜を選択的に  
形成するエッティング工程と  
を含むことを特徴とする薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項25】 記録媒体に対向する記録媒体対向面側の一部に、ギャップ  
層を介して対向する2つの磁極を含む、互いに磁気的に連結された第1の磁性層  
および第2の磁性層と、前記第1の磁性層と第2の磁性層との間に絶縁層を介し  
て配設された薄膜コイル部とを有すると共に、前記第1の磁性層が、前記記録媒  
体対向面からこの面より離れる方向に延在すると共に記録媒体の記録トラック幅  
を規定する一定幅部分を含む所定の磁性層部分を有する薄膜磁気ヘッドの製造方  
法であって、

前記所定の磁性層部分を形成する工程は、  
前記第2の磁性層上に前記ギャップ層を形成する工程と、  
前記ギャップ層上に第1の非磁性層パターンを選択的に形成する工程と、  
前記第1の非磁性層パターンおよびその周辺の前記ギャップ層を覆うように磁  
性材層を選択的に形成する工程と、  
この磁性材層の表面を研磨して平坦化する工程と、  
この平坦化された磁性材層上に前記所定の磁性層部分の一部をなす第1の磁性  
膜を形成する工程と、  
この第1の磁性膜をマスクとして用いて前記磁性材層を選択的にエッティングす  
ることにより、前記所定の磁性層部分の他の一部をなす第2の磁性膜を選択的に  
形成するエッティング工程と

を含むことを特徴とする薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項26】記録媒体に対向する記録媒体対向面側の一部に、ギャップ層を介して対向する2つの磁極を含む、互いに磁気的に連結された第1の磁性層および第2の磁性層と、前記第1の磁性層と第2の磁性層との間に絶縁層を介して配設された薄膜コイル部とを有すると共に、前記第1の磁性層が、前記記録媒体対向面からこの面より離れる方向に延在すると共に記録媒体の記録トラック幅を規定する一定幅部分を含む所定の磁性層部分を有する薄膜磁気ヘッドの製造方法であって、

前記所定の磁性層部分を形成する工程は、

前記第2の磁性層上に第1の非磁性層パターンを選択的に形成する工程と、

前記第1の非磁性層パターンおよびその周辺の前記第2の磁性層を覆うように前記ギャップ層を形成する工程と、

前記ギャップ層のうち、前記第1の非磁性層パターンの配設領域に対応する領域上に第2の非磁性層パターンを選択的に形成する工程と、

前記第2の非磁性層パターンおよびその周辺の前記ギャップ層を覆うように磁性材層を形成する工程と、

この磁性材層の表面を研磨して平坦化する工程と、

この平坦化された磁性材層上に前記所定の磁性層部分の一部をなす第1の磁性膜を選択的に形成する工程と、

この第1の磁性膜をマスクとして用いて前記磁性材層を選択的にエッチングすることにより、前記所定の磁性層部分の他の一部をなす第2の磁性膜を選択的に形成するエッチング工程と

を含むことを特徴とする薄膜磁気ヘッドの製造方法。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

##### 【発明の属する技術分野】

本発明は、少なくとも書き込み用の誘導型磁気変換素子を有する薄膜磁気ヘッドおよびその製造方法に関する。

##### 【0002】

## 【従来の技術】

近年、ハードディスク装置の面記録密度の向上に伴って、薄膜磁気ヘッドの性能向上が求められている。薄膜磁気ヘッドとしては、書き込み用の誘導型磁気変換素子を有する記録ヘッドと読み出し用の磁気抵抗（以下、MR（Magneto Resistive）と記す。）素子を有する再生ヘッドとを積層した構造の複合型薄膜磁気ヘッドが広く用いられている。

## 【0003】

記録ヘッドの性能のうち、記録密度を高めるには、磁気記録媒体におけるトラック密度を上げる必要がある。このためには、記録ギャップ（write gap）を挟んでその上下に形成された下部磁極（ボトムポール）および上部磁極（トップポール）のエアベアリング面での幅を数ミクロンからサブミクロンオーダーまで狭くした狭トラック構造の記録ヘッドを実現する必要があり、これを達成するために半導体加工技術が利用されている。

## 【0004】

ここで、図29～図34を参照して、従来の薄膜磁気ヘッドの製造方法の一例として、複合型薄膜磁気ヘッドの製造方法について説明する。

## 【0005】

この製造方法では、まず、図29に示したように、例えばアルティック（Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>・TiC）よりなる基板101上に、例えば酸化アルミニウム（Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>；以下、単に「アルミナ」という。）よりなる絶縁層102を、約5.0～10.0 μm程度の厚みで堆積する。次に、絶縁層102上に、再生ヘッド用の下部シールド層103を形成する。次に、下部シールド層103上に、例えばアルミナ層を100～200 nmの厚みでスパッタ堆積し、シールドギャップ膜104を形成する。次に、シールドギャップ膜104上に、高精度のフォトリソグラフィ処理により所望のパターンとなるように、再生用のMR素子を構成するためのMR膜105を数十nmの厚みで形成する。次に、MR膜105の両側に、このMR膜105と電気的に接続する引き出し電極層としてのリード層（図示せず）を形成したのち、このリード層、シールドギャップ膜104およびMR膜105上に、シールドギャップ膜106を形成し、シールドギャップ膜104、105

6内にMR膜105を埋設する。次に、シールドギャップ膜106上に、再生ヘッドおよび記録ヘッドの双方に用いる磁性材料、例えばニッケル鉄合金（NiFe；以下、単に「パーマロイ（商品名）」という。）よりなる上部シールド兼下部磁極（以下、単に「下部磁極」という。）107を形成する。

## 【0006】

次に、図30に示したように、下部磁極107上に、絶縁材料、例えばアルミニウムよりなる記録ギャップ層108を形成する。次に、記録ギャップ層108上に、高精度のフォトリソグラフィ処理により、フォトレジスト膜109を所定のパターンとなるように形成する。次に、フォトレジスト膜109上に、電解めっき法により、例えば銅（Cu）よりなる誘導型の記録ヘッド用の薄膜コイル110を形成する。次に、フォトレジスト膜109および薄膜コイル110を覆うように、高精度のフォトリソグラフィによりフォトレジストを所定のパターンとなるように形成したのち、このフォトレジストに対して例えば250°Cの温度で加熱処理を施す。この加熱処理により、薄膜コイル110の各巻線間を絶縁させるためのフォトレジスト膜111が形成される。

## 【0007】

次に、図31に示したように、磁路形成のために、薄膜コイル110よりも後方（図31における右側）における記録ギャップ層108の一部を部分的にエッチングして開口部108aを形成し、下部磁極107の一部を露出させる。次に、下部磁極107の露出面、フォトレジスト膜111および記録ギャップ層108を覆うように、電解めっき法により、記録ヘッド用の磁性材料、例えばパーマロイよりなる上部ヨーク兼上部磁極（以下、単に「上部磁極」という。）112を形成する。この上部磁極112は、例えば、後述する図34に示したような平面形状を有するものであり、ヨーク部112aおよびポールチップ部112bを含んでいる。上部磁極112は、開口部108aにおいて下部磁極107と接触し、磁気的に連結されている。次に、上部磁極112のポールチップ部112bをマスクとして、その周辺領域における記録ギャップ層108および下部磁極107のそれぞれの一部をイオンミリングによって選択的に約0.5μm程度エッチングして除去する（図33参照）。次に、上部磁極112を覆うように、例え

ばアルミナよりなるオーバーコート層113を形成する。最後に、機械加工や研磨工程により、記録ヘッドおよび再生ヘッドのトラック面、すなわちエアベアリング面120を形成して、薄膜磁気ヘッドが完成する。

#### 【0008】

図32～図34は、完成した状態の薄膜磁気ヘッドの構造を表すものである。ここで、図32はエアベアリング面120に垂直な方向における薄膜磁気ヘッドの断面を示し、図33はエアベアリング面120に平行な方向における磁極部分500の断面を拡大して示し、図34は薄膜磁気ヘッドの平面構造を示す。図31は、図34におけるXXXI-XXXI線に沿った矢視断面に相当する。なお、図32～図34では、オーバーコート層113等の図示を省略している。図34では、薄膜コイル110およびフォトレジスト膜111のそれぞれの最外端のみを図示している。

#### 【0009】

図32および図34において、「TH」はスロートハイト(Throat Height)を表し、「MRH」はMRハイトを表している。ここで、「スロートハイト(TH)」とは、記録ヘッドの性能を決定する要因のうちの一つであり、薄膜コイル110を他の導電部分と電気的に分離するための絶縁層(フォトレジスト膜111)の最もエアベアリング面120に近い側の端縁の位置、すなわちスロートハイトゼロ位置(TH0位置)からエアベアリング面120の位置までの長さである。記録ヘッドの性能向上のためには、スロートハイト(TH)の最適化が望まれている。このスロートハイト(TH)は、エアベアリング面120を形成する際の研磨量によって制御される。一方、「MRハイト(MRH)」とは、MR膜105の最もエアベアリング面120から遠い側の端縁の位置、すなわちMRハイトゼロ位置(MRH0位置)からエアベアリング面120の位置までの長さである。このMRハイト(MRH)もまた、エアベアリング面120を形成する際の研磨量によって制御される。

#### 【0010】

薄膜磁気ヘッドの性能を決定する要因としては、スロートハイト(TH)やMRハイト(MRH)等の他に、図32に示したエイペックスアンダル(Apex Ang

le :  $\theta$  ) がある。このエイペックスアングル  $\theta$  は、フォトレジスト膜 111 のエアベアリング面 120 に近い側の斜面の平均斜度である。

### 【0011】

図33に示したように、記録ギャップ層 108 および下部磁極 107 のそれぞれの一部が上部磁極 112 のポールチップ部 112b に対して自己整合的にエッティングされた構造は、トリム (Trim) 構造と呼ばれる。このトリム構造によれば、狭トラックの書き込み時に発生する磁束の広がりによる実効トラック幅の増加を防止することができる。「P2W」は、トリム構造を有する部分（以下、単に「磁極部分 500」という。）の幅、すなわち磁極幅（または「トラック幅」）を表している。「P2L」は、磁極部分 500 の一部を構成するポールチップ部 112b の厚み、すなわち磁極長を表している。なお、MR膜 105 の両側には、このMR膜 105 と電気的に接続する引き出し電極層としてのリード層 121 が設けられている。ただし、図29～図32では、リード層 121 の図示を省略している。

### 【0012】

図34に示したように、上部磁極 112 は、その大部分を占めるヨーク部 112a と、磁極幅 P2W としてほぼ一定の幅を有するポールチップ部 112b とを有している。ヨーク部 112a とポールチップ部 112b との連結部分において、ヨーク部 112a の外縁は、エアベアリング面 120 と平行な面に対して角度  $\alpha$  をなしている。また、上記連結部分において、ポールチップ部 112b の外縁は、エアベアリング面 120 と平行な面に対して角度  $\beta$  をなしている。図34では、例えば、 $\alpha$  が約 45 度であり、 $\beta$  が約 90 度である場合を示している。上記したように、ポールチップ部 112b は、トリム構造を有する磁極部分 500 を形成する際にマスクとして機能する部分である。図32および図34から判るよう、ポールチップ部 112b は平坦な記録ギャップ層 108 の上に延在し、ヨーク部 112a はフォトレジスト膜 111 で覆われて丘陵状に盛り上がったコイル部分（以下、「エイペックス部」という。）の上に延在している。

### 【0013】

なお、上部磁極の詳細な構造的特徴に関しては、例えば、特開平8-2496

14号公報に記載がある。この公報では、TH0位置よりも後側（エアベアリング面120から離れる側）の部分の幅が徐々に大きくなるような構造を有する上部磁極について記載している。

## 【0014】

図31および図34に示した薄膜磁気ヘッドでは、情報の記録動作時に薄膜コイル110に電流が流れると、これに応じて磁束が発生する。このとき発生した磁束は、上部磁極112内をヨーク部112aからポールチップ部112bへ伝搬し、さらにポールチップ部112bのエアベアリング面120側の先端部分に到達する。このとき、ポールチップ部112bの先端部分に到達した磁束により、記録ギャップ層108近傍の外部に記録用の信号磁界が発生する。この信号磁界により、磁気記録媒体を部分的に磁化して、情報を記録することができる。

## 【0015】

## 【発明が解決しようとする課題】

磁極部分500の磁極幅P2Wは、磁気記録媒体上の記録トラック幅を規定するものである。記録密度を高めるためには、磁極部分500を高い精度で形成し、磁極幅P2Wを微小化する必要がある。磁極幅P2Wが大きすぎる場合には、磁気記録媒体上の所定の記録トラック領域以外の隣接領域にも書き込みしてしまう現象、すなわちサイドイレーズ現象が発生してしまい、記録密度を向上させることができないからである。特に、近年、高面密度記録を可能とするため、すなわち、狭トラック構造の記録ヘッドを形成するために、約0.3μm以下に至る磁極幅P2Wの極微小化が要求されており、磁極幅P2Wの極微小化に係る製造技術の確立は急務である。

## 【0016】

上部磁極を形成する方法としては、例えば、特開平7-262519号公報に示されるように、フレームめっき法が用いられる。フレームめっき法を用いて上部磁極112を形成する場合には、まず、エイペックス部を含む下地上に、全体に、例えばスパッタリングにより、例えばパーマロイよりなる薄い電極膜を形成する。次に、電極膜上にフォトレジストを塗布してフォトレジスト膜を形成したのち、このフォトレジストも膜に対してフォトリソグラフィ処理を施してパター

ニングすることにより、めっき処理を行うためのフレームパターン（外枠）を形成する。このフレームパターンは、上部磁極112の平面形状に対応する開口パターンを有するものである。次に、このフレームパターンをマスクとして用いると共に先工程において形成した電極膜をシード層として用いて、電解めっき法により、フレームパターンの開口パターン中に、例えばパーマロイよりなる上部磁極112を形成する。

#### 【0017】

ところで、エイペックス部と他の部分とでは、例えば7～10μm以上の高さ差がある。このエイペックス部上に、フォトレジストを3～4μmの厚みで塗布する。エイペックス部上のフォトレジストの膜厚が最低3μm以上必要であるとすると、流動性のあるフォトレジストは低い方に集まることから、エイペックス部の下方では、例えば8～10μm以上の厚みのフォトレジスト膜が形成される。

#### 【0018】

極微小な磁極幅P2Wを実現するためには、この磁極幅P2Wに対応して極微小な幅（例えば1.0μm以下）を有する開口パターンを備えたフレームパターンを形成する必要がある。すなわち、8～10μm以上の厚みのあるフォトレジスト膜により、1.0μm以下の極微小な幅を有する開口パターンを形成しなければならない。ところが、このような膜厚の厚いフォトレジスト膜を用いて、極微小な幅を有する開口パターンを備えたフレームパターンを形成することは、製造工程上極めて困難であった。

#### 【0019】

しかも、エイペックス部等により構成された凹凸構造を有する領域に上部磁極112を形成する場合には、以下のような理由により、上部磁極112の形成精度は大きく低下してしまうという問題があった。すなわち、上部磁極112を形成するためのフレームパターンの形成工程において、凹凸構造を有する領域に形成されたフォトレジスト膜に対して露光処理を施した場合には、下地（電極膜）の斜面部等から斜め方向または横方向へ反射する反射光が生じる。この反射光は、フォトレジスト膜中の露光領域を拡大または縮小させることとなる。これによ

り、特に、フォトレジスト膜のうち、上部磁極112のポールチップ部112bに対応して極微小な幅を有する開口パターンの幅が幅方向に拡大してしまう。

#### 【0020】

また、上記した上部磁極112の形成精度に関する問題の他、以下のような理由により、薄膜磁気ヘッドの重ね書き特性、すなわちオーバーライト特性が低下してしまうという問題もあった。すなわち、一般に、磁極幅P2Wを極微小化すると、磁極部分500を構成するポールチップ部112bの磁気ボリュームは小さくなる。ここで、「磁気ボリューム」とは、磁性層部分の内部に収容できる磁束の許容量である。磁極幅P2Wが小さくなり、ポールチップ部112bの「磁気ボリューム」が適正に確保されなくなると、ポールチップ部112bの内部において「磁束の飽和」が生じてしまい、その先端部分まで十分に磁束が到達できなくなる。特に、上部磁極112の形成材料として、1.2テスラ程度の磁束密度を有するパーマロイなどの磁性材料を用いた場合には、所望の磁性層パターンの形成に係る加工特性が容易化する反面、磁極幅P2Wを極微小化（約0.3μm以下）しようとすると、ポールチップ部112の内部において磁束が飽和し、ポールチップ部112bの先端部分に供給される磁束が不足してしまう。

#### 【0021】

本発明はかかる問題点に鑑みてなされたもので、その目的は、磁極幅を極微小化しつつ、優れたオーバーライト特性を有する薄膜磁気ヘッドおよびその製造方法を提供することにある。

#### 【0022】

##### 【課題を解決するための手段】

本発明の薄膜磁気ヘッドは、記録媒体に対向する記録媒体対向面側の一部にギャップ層を介して対向する2つの磁極を含む互いに磁気的に連結された第1の磁性層および第2の磁性層と、第1の磁性層と第2の磁性層との間に絶縁層を介して配設された薄膜コイル部とを有すると共に、第1の磁性層が記録媒体対向面からこの面より離れる方向に延在すると共に記録媒体の記録トラック幅を規定する一定幅部分を含む所定の磁性層部分を有する薄膜磁気ヘッドであって、所定の磁性層部分が、ギャップ層に対して遠い側から順に配設された第1の磁性膜および

第2の磁性膜を含み、第1の磁性膜および第2の磁性膜が共に1.5テスラ以上の磁束密度を有する磁性材料よりなるようにしたものである。

## 【0023】

本発明の薄膜磁気ヘッドでは、ギャップ層に対して遠い側から順に第1の磁性膜および第2の磁性膜が配設され、これらの部位を含んで所定の磁性層部分が構成される。第1の磁性膜および第2の磁性膜は、共に1.5テスラ以上の磁束密度を有する磁性材料により構成されるようにするのが好ましい。

## 【0024】

本発明の薄膜磁気ヘッドでは、第1の磁性膜および第2の磁性膜のうちの少なくとも一方がニッケル鉄合金または窒化鉄のいずれかを含む材料よりなるようにしてもよいし、コバルト鉄合金、ジルコニウムコバルト鉄酸化物合金またはジルコニウム鉄窒化物合金などのアモルファス合金を含む材料よりなるようにしてもよいし、鉄、ニッケルおよびコバルトを含む材料よりなるようにしてもよい。特に、第1の磁性膜が鉄、ニッケルおよびコバルトを含む材料よりなり、第2の磁性膜がニッケル鉄合金またはコバルト鉄合金のいずれかを含む材料よりなるようにするのが好適である。

## 【0025】

また、本発明の薄膜磁気ヘッドでは、第1の磁性膜と第2の磁性膜との界面が平坦であるようにしてもよい。

## 【0026】

また、本発明の薄膜磁気ヘッドでは、第2の磁性層と第2の磁性膜との間に、後方部が絶縁層と連結し前端が記録媒体対向面の手前の所定の位置で終端するように延在する第1の非磁性層パターンが配設されるようにしてもよい。このような場合には、第1の非磁性層パターンが非磁性金属よりなるようにするのが好適である。

## 【0027】

また、本発明の薄膜磁気ヘッドでは、さらに、第1の非磁性層パターンと第2の磁性膜との間に、後方部が絶縁層と連結し前端が第1の非磁性層パターンの前端よりも後方の位置で終端するように延在する第2の非磁性層パターンが配設さ

れるようにしてもよい。

【0028】

また、本発明の薄膜磁気ヘッドでは、第2の磁性層が平坦な表面を有し、第1の非磁性層パターンの前端近傍および第2の非磁性層パターンの前端近傍が第2の磁性層の平坦な表面に対して傾斜するようにしてもよい。

【0029】

また、本発明の薄膜磁気ヘッドでは、第1の非磁性層パターンの前端が所定の磁性層部分における一定幅部分の延在領域内に位置するようにしてもよい。

【0030】

本発明の第1の観点に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法は、記録媒体に向する記録媒体対向面側の一部にギャップ層を介して対向する2つの磁極を含む互いに磁気的に連結された第1の磁性層および第2の磁性層と、第1の磁性層と第2の磁性層との間に絶縁層を介して配設された薄膜コイル部とを有すると共に、第1の磁性層が記録媒体対向面からこの面より離れる方向に延在すると共に記録媒体の記録トラック幅を規定する一定幅部分を含む所定の磁性層部分を有する薄膜磁気ヘッドの製造方法であって、所定の磁性層部分を形成する工程が、磁性材層を形成する工程と、この磁性材層上に所定の磁性層部分の一部をなす第1の磁性膜を選択的に形成する工程と、この第1の磁性膜をマスクとして用いて磁性材層を選択的にエッティングすることにより所定の磁性層部分の他の一部をなす第2の磁性膜を選択的に形成するエッティング工程とを含むようにしたものである。

【0031】

本発明の第1の観点に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法では、まず、磁性材層が形成されたのち、この磁性材層上に所定の磁性層部分の一部をなす第1の磁性膜が選択的に形成される。続いて、この第1の磁性膜をマスクとして用いて磁性材層が選択的にエッティングされることにより所定の磁性層部分の他の一部をなす第2の磁性膜が選択的に形成される。

【0032】

本発明の第1の観点に係る薄膜磁気ヘッドでは、第1の磁性膜および第2の磁性膜のうちの少なくとも一方の形成材料としてニッケル鉄合金または窒化鉄のい

いずれかを含む材料を用いるようにしてもよいし、コバルト鉄合金、ジルコニウムコバルト鉄酸化物合金またはジルコニウム鉄窒化物合金などのアモルファス合金を含む材料を用いるようにしてもよいし、鉄、ニッケルおよびコバルトを含む材料を用いるようにしてもよい。特に、第1の磁性膜の形成材料として鉄、ニッケルおよびコバルトを含む材料を用い、第2の磁性膜の形成材料としてニッケル鉄合金またはコバルト鉄合金のいずれかを含む材料を用いるようにするのが好適である。

## 【0033】

また、本発明の第1の観点に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法では、磁性材層をスパッタリングにより形成し、第1の磁性膜をめっき膜の成長により形成するようにしてもよい。

## 【0034】

また、本発明の第1の観点に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法では、エッチング工程を反応性イオンエッチングにより行うようにしてもよい。このような場合には、塩素および三塩化ボロンのうちの少なくとも1を含むガス雰囲気中、かつ50°Cないし300°Cの範囲内の温度下においてエッチング工程を行うようにするのが好適である。

## 【0035】

また、本発明の第1の観点に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法では、エッチング工程において、さらに、ギャップ層および第2の磁性層のうち、所定の磁性層部分における一定幅部分の形成領域以外の領域を選択的に除去するようにしてもよい。

## 【0036】

本発明の第2の観点に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法は、記録媒体に対向する記録媒体対向面側の一部にギャップ層を介して対向する2つの磁極を含む互いに磁気的に連結された第1の磁性層および第2の磁性層と、第1の磁性層と第2の磁性層との間に絶縁層を介して配設された薄膜コイル部とを有すると共に、第1の磁性層が記録媒体対向面からこの面より離れる方向に延在すると共に記録媒体の記録トラック幅を規定する一定幅部分を含む所定の磁性層部分を有する薄膜磁

気ヘッドの製造方法であって、所定の磁性層部分を形成する工程が、第2の磁性層を形成する工程と、第2の磁性層上に第1の非磁性層パターンを選択的に形成する工程と、第1の非磁性層パターンおよびその周辺の第2の磁性層を覆うようにギャップ層を形成する工程と、ギャップ層上に磁性材層を形成する工程と、この磁性材層の表面を研磨して平坦化する工程と、この平坦化された磁性材層上に所定の磁性層部分の一部をなす第1の磁性膜を選択的に形成する工程と、この第1の磁性膜をマスクとして用いて磁性材層を選択的にエッティングすることにより所定の磁性層部分の他の一部をなす第2の磁性膜を選択的に形成するエッティング工程とを含むようにしたものである。

#### 【0037】

本発明の第2の観点に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法では、まず、第2の磁性層が形成されたのち、この第2の磁性層上に第1の非磁性層パターンが選択的に形成される。続いて、この第1の非磁性層パターンおよびその周辺の第2の磁性層を覆うようにギャップ層が形成されたのち、このギャップ層上に磁性材層が形成される。続いて、この磁性材層の表面が研磨されて平坦化されたのち、この平坦化された磁性材層上に所定の磁性層部分の一部をなす第1の磁性膜が選択的に形成される。続いて、この第1の磁性膜をマスクとして用いて磁性材層が選択的にエッティングされることにより所定の磁性層部分の他の一部をなす第2の磁性膜が選択的に形成される。

#### 【0038】

本発明の第3の観点に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法は、記録媒体に対向する記録媒体対向面側の一部にギャップ層を介して対向する2つの磁極を含む互いに磁気的に連結された第1の磁性層および第2の磁性層と、第1の磁性層と第2の磁性層との間に絶縁層を介して配設された薄膜コイル部とを有すると共に、第1の磁性層が記録媒体対向面からこの面より離れる方向に延在すると共に記録媒体の記録トラック幅を規定する一定幅部分を含む所定の磁性層部分を有する薄膜磁気ヘッドの製造方法であって、所定の磁性層部分を形成する工程が、第2の磁性層を形成する工程と、第2の磁性層上にギャップ層を形成する工程と、ギャップ層上に第1の非磁性層パターンを選択的に形成する工程と、第1の非磁性層パタ

ーンおよびその周辺のギャップ層を覆うように磁性材層を選択的に形成する工程と、この磁性材層の表面を研磨して平坦化する工程と、この平坦化された磁性材層上に所定の磁性層部分の一部をなす第1の磁性膜を形成する工程と、この第1の磁性膜をマスクとして用いて磁性材層を選択的にエッティングすることにより所定の磁性層部分の他の一部をなす第2の磁性膜を選択的に形成するエッティング工程とを含むようにしたものである。

## 【0039】

本発明の第3の観点に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法では、まず、第2の磁性層が形成されたのち、この第2の磁性層上にギャップ層が形成される。続いて、このギャップ層上に第1の非磁性層パターンが選択的に形成されたのち、この第1の非磁性層パターンおよびその周辺のギャップ層を覆うように磁性材層が選択的に形成される。続いて、この磁性材層の表面が研磨されて平坦化されたのち、この平坦化された磁性材層上に所定の磁性層部分の一部をなす第1の磁性膜が選択的に形成される。続いて、この第1の磁性膜をマスクとして用いて磁性材層が選択的にエッティングされることにより所定の磁性層部分の他の一部をなす第2の磁性膜が選択的に形成される。

## 【0040】

本発明の第4の観点に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法は、記録媒体に向する記録媒体対向面側の一部にギャップ層を介して対向する2つの磁極を含む互いに磁気的に連結された第1の磁性層および第2の磁性層と、第1の磁性層と第2の磁性層との間に絶縁層を介して配設された薄膜コイル部とを有すると共に、第1の磁性層が記録媒体対向面からこの面より離れる方向に延在すると共に記録媒体の記録トラック幅を規定する一定幅部分を含む所定の磁性層部分を有する薄膜磁気ヘッドの製造方法であって、所定の磁性層部分を形成する工程が、第2の磁性層を形成する工程と、第2の磁性層上に第1の非磁性層パターンを選択的に形成する工程と、第1の非磁性層パターンおよびその周辺の第2の磁性層を覆うようにギャップ層を形成する工程と、ギャップ層のうち、第1の非磁性層パターンの配設領域に対応する領域上に第2の非磁性層パターンを選択的に形成する工程と、第2の非磁性層パターンおよびその周辺のギャップ層を覆うように磁性材層を

形成する工程と、この磁性材層の表面を研磨して平坦化する工程と、この平坦化された磁性材層上に所定の磁性層部分の一部をなす第1の磁性膜を選択的に形成する工程と、この第1の磁性膜をマスクとして用いて磁性材層を選択的にエッチングすることにより所定の磁性層部分の他の一部をなす第2の磁性膜を選択的に形成するエッチング工程とを含むようにしたものである。

#### 【0041】

本発明の第4の観点に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法では、まず、第2の磁性層が形成されたのち、この第2の磁性層上に第1の非磁性層パターンが選択的に形成される。続いて、この第1の非磁性層パターンおよびその周辺の第2の磁性層を覆うようにギャップ層が形成されたのち、このギャップ層のうち、第1の非磁性層パターンの配設領域に対応する領域上に第2の非磁性層パターンが選択的に形成される。続いて、この第2の非磁性層パターンおよびその周辺のギャップ層を覆うように磁性材層が形成されたのち、この磁性材層の表面が研磨されて平坦化される。続いて、この平坦化された磁性材層上に所定の磁性層部分の一部をなす第1の磁性膜が選択的に形成されたのち、この第1の磁性膜をマスクとして用いて磁性材層を選択的にエッチングされることにより所定の磁性層部分の他の一部をなす第2の磁性膜が選択的に形成される。

#### 【0042】

##### 【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について、図面を参照して詳細に説明する。

#### 【0043】

##### 【第1の実施の形態】

まず、図1～図12を参照して、本発明の第1の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法としての複合型薄膜磁気ヘッドの製造方法の一例について説明する。

#### 【0044】

図1～図8において、(A)はエアベアリング面に垂直な断面を示し、(B)は磁極部分のエアベアリング面に平行な断面を示している。図9～図12は、主要な製造工程に対応する斜視図である。ここで、図9は図3に示した状態に対応

し、図10は図4に示した状態に対応し、図11は図5に示した状態に対応し、図12は図8に示した状態に対応する。ただし、図11では、図5における絶縁膜13等の図示を省略し、図12では、図8における絶縁膜13, 15, 16、薄膜コイル14およびオーバーコート層17等の図示を省略している。

## 【0045】

以下の説明では、図1～図12の各図中におけるX軸方向を「幅方向」、Y軸方向を「長さ方向」、Z軸方向を「厚み方向または高さ方向」として表記すると共に、Y軸方向のうちのエアベアリング面80に近い側（または後工程においてエアベアリング面80となる側）を「前側（または前方）」、その反対側を「後側（または後方）」と表記するものとする。

## 【0046】

## &lt;薄膜磁気ヘッドの製造方法&gt;

本実施の形態に係る製造方法では、まず、図1に示したように、例えばアルティック ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{TiC}$ ) よりなる基板1上に、例えばアルミナよりなる絶縁層2を、約3.0～5.0  $\mu\text{m}$ の厚みで堆積する。次に、絶縁層2上に、例えばフレームめっき法を用いて、例えばパーマロイ (Ni:80重量%, Fe:20重量%) を約2.0～3.0  $\mu\text{m}$ の厚みで選択的に形成して、再生ヘッド用の下部シールド層3を形成する。フレームめっき法の形成手順等に関する詳細については、後述する。この下部シールド層3は、例えば、後述する図13に示したような平面形状を有するものである。なお、下部シールド層3を形成するためのパーマロイとしては、上記したNi:80重量%, Fe:20重量%の組成を有するものの他、例えば、Ni:45重量%, Fe:55重量%の組成を有するもの用いるようにしてもよい。次に、全体を覆うように、例えばアルミナ層を約4.0～5.0  $\mu\text{m}$ の厚みで形成したのち、例えばCMP（化学機械研磨）法により、下部シールド層3が露出するまでアルミナ層の表面を研磨する。このとき、上記の研磨処理により、全体を平坦化する。

## 【0047】

次に、図1に示したように、下部シールド層3上に、例えばスパッタリングにより、例えばアルミナよりなるシールドギャップ膜4を約100～200 nmの

厚みで形成する。次に、シールドギャップ膜4上に、高精度のフォトリソグラフィ処理を用いて、再生ヘッド部の要部であるMR素子を構成するためのMR膜5を所望の形状となるように形成する。次に、MR膜5の両側に、このMR膜5と電気的に接続する引き出し電極層としてのリード層（図示せず）を形成する。次に、このリード層、シールドギャップ膜4およびMR膜5上にシールドギャップ膜6を形成して、MR膜5をシールドギャップ膜4、6内に埋設する。シールドギャップ膜6の形成材料および形成方法等は、シールドギャップ膜4の場合とほぼ同様である。

#### 【0048】

次に、図1に示したように、シールドギャップ膜6上に、上部シールド層7を約1.0～1.5μmの厚みで選択的に形成する。この上部シールド層7は、例えば、後述する図13に示したような平面形状を有するものである。上部シールド層7の形成材料および形成方法等は、下部シールド層3の場合とほぼ同様である。次に、上部シールド層7上に、例えばスパッタリングにより、例えばアルミニナよりなる絶縁膜8を約0.15～0.2μmの厚みで形成する。

#### 【0049】

次に、図1に示したように、絶縁膜8上に、例えば1.5テスラ以上の高い磁束密度を有する磁性材料、例えば窒化鉄（FeN）よりなる下部磁極9を選択的に形成する。この下部磁極9は、例えば、後述する図13に示したような平面形状を有するものである。ここで、下部磁極9の形成は、以下の手順により行う。すなわち、まず、絶縁膜8上に、例えばスパッタリングにより、例えば窒化鉄層を約2.0～2.5μmの厚みで形成する。続いて、所定の形状および材質を有するマスクを用いて、例えばリアクティブイオンエッティング（Reactive Ion Etching；以下、単に「RIE」という）により窒化鉄層をエッティングしてパターニングすることにより、下部磁極9を選択的に形成する。下部磁極9の表面は、その全域にわたってほぼ平坦となる。一般に、RIEを用いた場合のエッティング速度は、イオンミリングを用いた場合のエッティング速度よりも速い。このため、エッティング方法としてRIEを用いることにより、イオンミリングを用いる場合よりも、下部磁極9を短時間で形成することができる。RIEによるエッチ

ング処理を用いて下部磁極9を形成する場合には、特に、エッティング時に使用するエッティングガスの種類やエッティング時の加工温度などのエッティング条件を適正化することにより、下部磁極9の形成に要する時間をより短縮させることが可能となる。このようなエッティング条件の適正化に関する詳細については、後述する。なお、下部磁極9の形成材料としては、窒化鉄の他、例えば、窒化鉄と同様に1.5以上の高い磁束密度を有する磁性材料として、コバルト鉄合金(FeCo)、ジルコニウムコバルト鉄酸化物合金(FeCoZrO)またはジルコニウム鉄窒化物合金(FeZrN)などのアモルファス合金を用いるようにしてもよい。下部磁極9を形成するために用いるマスクの材質としては、例えば、クロムなどの金属材料やフォトレジスト膜などの非金属材料を用いることができる。ここで、下部磁極9が、本発明における「第2の磁性層」の一具体例に対応する。

#### 【0050】

次に、下部磁極9上に、例えばスパッタリングにより、非磁性材料、例えばアルミナ層を約0.3~0.8μmの厚みで形成したのち、所定の形状および材質を有するマスクを用いて、例えばRIEによりアルミナ層をエッティングしてパターニングする。このエッティング処理により、図2に示したように、下部磁極9の平坦面に隣接するように非磁性層パターン10が選択的に形成される。なお、非磁性層パターン10の形成材料としては、上記したアルミナの他、非磁性金属材料、例えばニッケル銅合金(NiCu)などを用いるようにしてもよい。非磁性層パターン10を形成するためのエッティング処理により、アルミナ層のうち、前側の領域の一部と後工程において磁路接続部12dが形成されることとなる後側の領域の一部とが選択的に除去される。上記した除去部分のうちの「後側の領域」には、下部磁極9と後工程において形成される上部磁極12とを接続させるための開口部10kが形成される。

#### 【0051】

この非磁性層パターン10は、スロートハイト(TH)を決定する際に基準の位置となるスロートハイトゼロ位置(TH0位置)を規定するためのものである。非磁性層パターン10を形成する際には、例えば、非磁性層パターン10の最も前側の端縁(以下、単に「最前端」という)の位置が、MR膜5の最も後側の

端縁（以下、単に「最後端」という）の位置とほぼ一致するようにする。また、例えば、非磁性層パターン10の少なくとも前端縁部近傍が、下部磁極9の平坦面に対して傾斜した斜面をなすようになるのが好適である。これは、後工程において形成される上部ポールチップ部12a c（図4参照）のうち、上記の斜面部の上方に配設されることとなる部分における磁束の流れを円滑化させることができるものである。なお、非磁性層パターン10の形成材料としては、上記したアルミナなどの無機絶縁材料の他、ニッケル銅（NiCu）などの非磁性金属材料などを用いるようにしてもよい。非磁性層パターン10を形成するために用いるマスクの材質は、下部磁極9を形成するために用いたマスクの場合と同様である。

### 【0052】

次に、図2に示したように、ほぼ全体を覆うように、例えばスパッタリングにより、例えばアルミナよりなる記録ギャップ層11を約0.1~0.15μmの厚みで形成する。記録ギャップ層11を形成する際には、先工程において形成された開口部10kがアルミナによって覆われないようにする。図2に示したように、記録ギャップ層11は、下部磁極9の表面と非磁性層パターン10の表面との間に形成された段差部分に対応した段差領域を含み、下部磁極9の平坦面上から非磁性層パターン10上にかけて延在することとなる。以下では、記録ギャップ層11のうち、下部磁極9上に形成された部分を「下段領域」と呼称し、非磁性層パターン10上に形成された部分を「上段領域」と呼称するものとする。ここで、記録ギャップ層11が、本発明における「ギャップ層」の一具体例に対応し、非磁性層パターン10が、本発明における「第1の非磁性層パターン」の一具体例に対応する。

### 【0053】

次に、図2に示したように、全体を覆うように、例えばスパッタリングにより、1.5テスラ以上の高い磁束密度を有する磁性材料、例えば窒化鉄よりなるポールチップ前駆層112（以下、単に「窒化鉄層」ともいう）を約0.8~2.0μmの厚みで形成する。このポールチップ前駆層112は、後工程においてエッチング処理によってパターニングされることにより、ポールチップ部12cと

なる前準備層である。以下の説明では、このように後工程で所定の形状となるようにパターニングされることとなる前準備層を「前駆層」と称呼し、同様に表記するものとする。図2に示したように、ポールチップ前駆層112の表面部は、非磁性層パターン10等によって構成された下地の凹凸構造に対応した凹凸をなすこととなる。なお、ポールチップ前駆層112の形成材料としては、窒化鉄の他、例えば、窒化鉄と同様に1.5テスラ以上の高い磁束密度を有する磁性材料であるコバルト鉄合金(FeCo)、ジルコニウムコバルト鉄酸化物合金(FeCoZrO)またはジルコニウム鉄窒化物合金(FeZrN)などのアモルファス合金を用いるようにしてもよい。ここで、ポールチップ前駆層112が、本発明における「磁性材層」の一具体例に対応する。

#### 【0054】

次に、図3に示したように、例えばCMP法により、ポールチップ前駆層112の表面を研磨して平坦化する。このときの研磨処理は、例えば、非磁性層パターン10の配設領域よりも前側の領域におけるポールチップ前駆層112の膜厚が約0.5~1.5μm程度になるまで行う。

#### 【0055】

次に、図3および図9に示したように、ポールチップ前駆層112上の所定の位置に、例えばフレームめっき法により、鉄(Fe)、ニッケル(Ni)およびコバルト(Co)を含み、1.5テスラ以上の高い磁束密度を有する磁性材料、例えば鉄ニッケルコバルト合金(CoNiFe; Co: 45重量%, Ni: 30重量%, Fe: 25重量%)よりなるポールチップ部12aを約1.5~2.5μmの厚みで選択的に形成する。ポールチップ部12aを形成する際には、同時に、開口部10kの上方におけるポールチップ前駆層112上に磁路接続部12bを選択的に形成する。ポールチップ部12aおよび磁路接続部12bの双方は、上部磁極12の一部を構成するものである。なお、ポールチップ部12aの形成材料としては、上記した3つの金属元素と共に、クロム(Cr)、ボロン(B)、金(Au)および銅(Cu)のうちの少なくとも1種を含むものを用いるようにしてもよい。

#### 【0056】

ポールチップ部12aは、例えば、後述する図13に示したような平面形状を有するものであり、後工程においてエアペアリング面80となる側（図3における左側）から順に、先端部12a(1)、中間部12a(2)および後端部12a(3)を含んでいる。先端部12a(1)は、記録媒体上の記録トラック幅を規定する一定幅を有する部分である。ポールチップ部12aの構造的特徴については後述する。ポールチップ部12aを形成する際の上記の「所定の位置」とは、例えば、ポールチップ部12aが記録ギャップ層11の下段領域から上段領域にかけて延在すると共に、特に、非磁性層パターン10の最前端が先端部12a(1)の延在領域内に位置することとなるような位置である。ここで、ポールチップ部12aが、本発明における「第1の磁性膜」の一具体例に対応する。

#### 【0057】

フレームめっき法によってポールチップ部12aを形成する際には、まず、例えば、スパッタリングにより、電解めっき法におけるシード層となる電極膜（図示せず）を約70μmの厚みに形成する。この電極膜の形成材料としては、例えば、1.5以上の高い磁束密度を有する鉄ニッケルコバルト合金（Co：45重量%，Ni：30重量%，Fe：25重量%）などを用いるようにする。次に、この電極膜上に、例えばポジティブ型のフォトレジスト（以下、単に「フォトレジスト」という。）を塗布して、フォトレジスト膜（図示せず）を形成する。次に、所定の形状パターンを有するマスク（図示せず）を用いて、フォトレジスト膜の所定の領域を選択的に露光する。このとき用いるマスクの材質は、下部磁極9を形成するために用いたマスクの場合と同様である。次に、フォトレジスト膜の露光領域を現像することにより、フレームめっき法においてめっき処理を行う際に用いるフレームパターン（外枠）（図示せず）を形成する。このフレームパターンは、上記の露光領域に対応した開口部を備えるものである。次に、フレームパターンをマスクとして用いると共に先工程において形成した電極膜をシード層として用いて、電解めっき法により、鉄ニッケルコバルト合金（Co：45重量%，Ni：30重量%，Fe：25重量%）よりなるポールチップ部12aを形成する。最後に、フレームパターンを除去する。なお、磁路接続部12bもまた、上記したポールチップ部12aの場合と同様の形成材料および形成方法を用

いて形成する。

#### 【0058】

次に、ポールチップ部12aおよび磁路接続部12bの双方をマスクとして、例えばRIEにより、ポールチップ前駆層112をエッティングしてパターニングする。このエッティング処理により、ポールチップ前駆層112のうち、ポールチップ部12aおよび磁路接続部12bのそれぞれの配設領域以外の部分が選択的に除去され、図4および図10に示したように、上部磁極12の一部を構成するポールチップ部12cおよび磁路接続部12dが形成される。ポールチップ前駆層112をパターニングするためのエッティング方法としてRIEを用いることにより、ポールチップ部12cおよび磁路接続部12dを高精度かつ短時間で形成することができる。なお、ポールチップ部12c等を形成するためのエッティング処理により、マスク自体、すなわちポールチップ部12aおよび磁路接続部12bのそれぞれ自体もエッティングされ、その膜厚は減少することとなる。

#### 【0059】

ポールチップ部12c等を形成するためのRIEによるエッティング処理を行う際には、特に、例えば、塩素( $\text{Cl}_2$ )、三塩化ボロン( $\text{BCl}_3$ )、塩化水素( $\text{HCl}$ )、四フッ化炭素( $\text{CF}_4$ )、六フッ化硫黄( $\text{SF}_6$ )および三臭化ボロン( $\text{BBr}_3$ )のうちの少なくとも1種に水素( $\text{H}_2$ )、酸素( $\text{O}_2$ )、窒素( $\text{N}_2$ )およびアルゴン( $\text{Ar}$ )などを添加したものを含むエッティングガスを用いると共に、加工温度を $50^\circ\text{C} \sim 300^\circ\text{C}$ の範囲内となるようにするのが好適である。このようなガス雰囲気中および温度下においてRIEによるエッティング処理を行うことにより、特に、窒化鉄よりなるポールチップ前駆層112に対するエッティング処理の化学反応が促進されるため、ポールチップ部12cおよび磁路接続部12dの形成に要する時間をより短縮することができる。

#### 【0060】

ポールチップ部12cおよび磁路接続部12dは、ポールチップ部12aおよび磁路接続部12bのそれぞれとほぼ同様の構造的特徴を有するものである。ポールチップ部12cは、ポールチップ部12aの先端部12a(1)、中間部12a(2)、後端部12a(3)に対応する先端部12c(1)、中間部12c(2)、後

端部12c(3)を有するものである。先端部12c(1)は、先端部12a(1)と同様に、記録媒体上の記録トラック幅を規定する一定幅を有する部分である。ポールチップ部12cおよび磁路接続部12dのそれぞれは、ポールチップ部12aおよび磁路接続部12bと同様に、1.5テスラ以上の高い磁束密度を有する磁性材料(窒化鉄)よりなるものである。以下では、ポールチップ部12aおよびポールチップ部12cを総称して、単に「上部ポールチップ12a c」ともいう。

#### 【0061】

上記したように、上部ポールチップ12a cは、ポールチップ部12aおよびポールチップ部12cの集合体として形成される。すなわち、上部ポールチップ12a cは、単一の形成工程において一括して構築されるものではなく、例えば上下に2分割されたポールチップ部12a(上層部分)およびポールチップ部12c(下層部分)のそれぞれの形成工程を経て構築される。ここで、ポールチップ部12cが、本発明における「第2の磁性膜」の一具体例に対応する。また、ポールチップ部12aの先端部12a(1)およびポールチップ部12cの先端部12c(1)が、本発明における「一定幅部分」の一具体例に対応し、上部ポールチップ12a cが、本発明における「所定の磁性層部分」の一具体例に対応する。

#### 【0062】

次に、上部ポールチップ12a cをマスクとして、例えばRIEにより、全体(磁路接続部12b, 12dの配設領域を除く)に約0.3~0.4μm程度エッティングする。このエッティング処理により、記録ギャップ層11および下部磁極9のうち、上部ポールチップ12a cの配設領域以外の領域における部分が選択的に除去され、掘り下げられる。なお、上記のエッティング処理を行う際には、非磁性層パターン10のうちの上方側の一部も選択的に除去されるようにする。このような非磁性層パターン10の選択的除去は、アルミナ(非磁性層パターン10)に対するエッティング速度が窒化鉄(下部磁極9)に対するエッティング速度よりも遅くなるようにエッティング条件を調整することにより可能となる。このエッティング処理により、図5および図11に示したように、トリム構造を有する磁極

部分100が形成される。この磁極部分100は、ポールチップ部12aの先端部12a(1)と、ポールチップ部12cの先端部12c(1)と、下部磁極9のうちの先端部12a(1)等に対応する部分と、この下部磁極9の一部と先端部12a(1)等とによって挟まれた記録ギャップ層11のうちの一部とによって構成されている。磁極部分100を構成する上記の各部位は、互いにほぼ同様の幅を有している。RIEを用いることにより、記録ギャップ層11および下部磁極9に対するエッティング処理を短時間で行うことができる。

#### 【0063】

特に、記録ギャップ層11および下部磁極9をRIEによりエッティングする際には、例えば、塩素と三塩化ボロンとの混合ガスをエッティングガスとして用いると共に、加工温度を100°C～200°Cの範囲内となるようにするのが好適である。このようなガス雰囲気中および温度下においてRIEによるエッティング処理を行うことにより、エッティング処理を高精度に制御しながら実施することができると共に、エッティング処理に要する時間をより短縮することができる。このエッティング処理により、ポールチップ部12aおよび磁路接続部12bのそれぞれ自体もエッティングされ、その膜厚はさらに減少することとなる。

#### 【0064】

次に、図5に示したように、全体を覆うように、例えばアルミナよりなる絶縁膜13を約0.3～0.5μmの厚みで形成する。

#### 【0065】

次に、図6に示したように、上部ポールチップ12a cの配設領域よりも後方の領域（磁路接続部12b, 12dの配設領域を除く）における平坦な絶縁膜13上に、例えば電解めっき法により、例えば銅（Cu）よりなる誘導型の記録ヘッド用の薄膜コイル14を約1.0～1.5μmの厚みで選択的に形成する。この薄膜コイル14は、例えば、後述する図13に示したような渦巻状の平面構造を有するものである。なお、図6では、薄膜コイル14の一部分のみを図示している。薄膜コイル14を形成する際には、同時に、例えば、その内側の終端部における絶縁膜13上に、コイル接続部14sを薄膜コイル14と一体に形成する。このコイル接続部14sは、薄膜コイル14と後工程において形成されるコイ

ル接続配線12e h (図7参照)とを電気的に接続させるためのものである。

#### 【0066】

次に、薄膜コイル14 (コイル接続部14sを含む) の各巻線間およびその周辺に、加熱時に流動性を示す材料、例えばフォトレジストなどの有機絶縁材料を高精度のフォトリソグラフィ処理により所定のパターンとなるように形成する。次に、このフォトレジスト膜に対して、例えば200°C~250°Cの範囲内における温度で加熱処理を施す。この加熱処理により、図6に示したように、フォトレジストが流動して薄膜コイル14等の各巻線間を隙間なく埋めつくし、薄膜コイル14等の各巻線間を絶縁化するための絶縁膜15が形成される。絶縁膜15を形成する際には、絶縁膜15が薄膜コイル14およびコイル接続部14sの双方の上面を覆わないようにしてもよいし (図6参照) 、または覆うようにしてもよい。

#### 【0067】

次に、図6に示したように、全体を覆うように、例えばスパッタリングにより、例えばアルミナ層16pを約3.0~4.0 μmの厚みで形成して、上部ポールチップ12a c、磁路接続部12b, 12d、薄膜コイル14およびコイル接続部14s等によって構成された凹凸構造領域を埋設する。

#### 【0068】

次に、例えばCMP法により、アルミナ層16pの表面全体を研磨して平坦化する。この研磨処理により、図7に示したように、薄膜コイル14等を埋設する絶縁膜16が形成される。このときの研磨処理は、少なくともポールチップ部12aおよび磁路接続部12bが露出するまで行う。絶縁膜16の形成材料としてアルミナなどの無機絶縁材料を用いることにより、フォトレジストなどの軟絶縁材料を用いる場合とは異なり、CMP研磨盤の研磨面が目詰まりを起こすことを防止できると共に、研磨後の表面をより平滑に形成することができる。

#### 【0069】

次に、図7に示したように、例えばRIEまたはイオンミリングにより、コイル接続部14sの上方を覆っている絶縁膜16を部分的にエッチングして、コイル接続部14sと後工程において形成されるコイル接続配線12e hとを接続さ

せるための開口部 16 k を形成する。

【0070】

次に、図7に示したように、平坦化された領域のうち、磁路接続部 12 b の上方からポールチップ部 12 a の後端部 12 a (3) の上方にかけての領域に、上部磁極 12 の一部を構成する上部ヨーク 12 e を約 2.0 ~ 3.0  $\mu$ m の厚みで選択的に形成する。この上部ヨーク 12 e は、例えば、後述する図13に示したような平面形状を有するものであり、薄膜コイル 14 の上方領域に延在するヨーク部 12 e (1) と、ヨーク部 12 e (1) の前方においてポールチップ部 12 a の後端部 12 a (3) の一部と部分的にオーバーラップするように延在する接続部 12 e (2) とを含んでいる。上部ヨーク 12 e の構造的特徴については後述する。上部ヨーク 12 e は、その後方部分において、開口部 10 k を通じて磁路接続部 12 b, 12 d を介して下部磁極 9 と磁気的に連結されると共に、その前方部分において、ポールチップ部 12 a を介してポールチップ部 12 c とも磁気的に連結される。

【0071】

上部ヨーク 12 e を形成する際には、同時に、コイル接続部 14 s の上方から図示しない外部回路にかけての領域にコイル接続配線 12 e h を形成する。このコイル接続配線 12 e h は、コイル接続配線 14 s と外部回路（図示せず）とを電気的に接続させるためのものである。上部ヨーク 12 e およびコイル接続配線 12 e h の形成材料および形成方法は、例えば、下部磁極 9 等の場合と同様である。すなわち、例えばスパッタリングにより、例えば 1.5 以上の高い磁束密度を有する磁性材料である窒化鉄層を形成したのち、この窒化鉄層を RIE によりエッティングしてパターニングすることにより上部ヨーク 12 e 等を形成する。上部ヨーク 12 e を形成する場合においても、下部磁極 9 等を形成した場合と同様に、RIE によるエッティング処理を行う際のエッティング条件（エッティングガスのガス種および加工温度等）を適正化することにより、上部ヨーク 12 e を高精度かつ短時間で形成することができる。

【0072】

上部ヨーク 12 e を形成する際には、例えば、その最前端が、ポールチップ部

12aにおける中間部12a(2)と後端部12a(3)との連結位置よりも後方に位置するようとする。具体的には、上部ヨーク12eの最前端が、後工程において形成されるエアベアリング面80(図8参照)の位置から約0.5μm以上離れて位置するようとするのが好適である。エアベアリング面80から十分に離れた位置に上部ヨーク12eを配設するようすることにより、上部ヨーク12eからエアベアリング面80への磁束の直接放出に起因するサイドレイズ現象の発生を回避することができるからである。また、例えば、上部ヨーク12eの最後端の位置が、磁路接続部12b, 12dの最後端の位置とほぼ一致するようとする。ここで、ポールチップ部12a, 12c(上部ポールチップ12a c)、磁路接続部12b, 12dおよび上部ヨーク12eによって構成される上部磁極12が、本発明における「第1の磁性層」の一具体例に対応する。

#### 【0073】

次に、図7に示したように、全体を覆うように、絶縁材料、例えばアルミナなどの無機絶縁材料よりなるオーバーコート層17を約20~40μmの厚みで形成する。

#### 【0074】

最後に、図8に示したように、機械加工や研磨工程により記録ヘッドおよび再生ヘッドのエアベアリング面80を形成して、薄膜磁気ヘッドが完成する。このときの上部ヨーク12e周辺における立体的構造は、図12に示したようになる。

#### 【0075】

##### 〈薄膜磁気ヘッドの製造方法における作用および効果〉

次に、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法における作用および効果について説明する。

#### 【0076】

本実施の形態では、ポールチップ前駆層112を形成したのち、このポールチップ前駆層112上にポールチップ部12aを形成し、このポールチップ部12aをマスクとして用いてポールチップ前駆層112をパターニングすることによりポールチップ部12cを形成するようにしている。このような場合には、以下

のような理由により、ポールチップ部12cを形成するための製造工程数を削減することができる。すなわち、例えば、ポールチップ前駆層112を形成したのち、ポールチップ部12aを形成せずにポールチップ部12cを形成するためには、新たに、ポールチップ前駆層112をパターニングするためのマスクを形成する工程が必要となる。これに対して、本実施の形態では、ポールチップ前駆層112をパターニングするためのマスクとしてポールチップ部12aを用いているので、新たにパターニング用のマスクを形成する工程が不要となる。しかも、マスクとして使用されるポールチップ部12aは、上部ポールチップ12a cの一部を構成するものであるため、ポールチップ前駆層112をパターニングしたのち、マスクを除去する工程も不要となる。

## 【0077】

また、本実施の形態では、非磁性層パターン10等によって構成された凹凸領域を含む下地上にポールチップ前駆層112を形成したのち、このポールチップ前駆層112の表面をCMP法等により研磨して平坦化するようしているので、以下のような理由により、ポールチップ部12aを高精度に形成することができる。すなわち、ポールチップ前駆層112を平坦化しないと、このポールチップ前駆層112の表面部は、下地（非磁性層パターン10等）の凹凸領域に対応した凹凸構造をなすこととなる。このような場合には、従来問題とされていたように、フォトレジスト膜に対する露光工程において、下地の斜面部から反射する反射光の影響により、フォトレジスト膜中の露光領域（特に極微小幅部分）が拡大し、フレームパターンの形成精度が大きく低下してしまう。これに対して、本実施の形態では、研磨工程によって平坦化された下地（ポールチップ前駆層112）上において露光処理が行われるため、従来の場合とは異なり、露光工程における反射光の発生が抑制され、露光領域の拡大が抑制される。これにより、ポールチップ部12aを形成するためのフレームパターンを高精度に形成することができる。具体的には、フレームパターンの形成の高精度化に基づき、ポールチップ部12aにおける先端部12a(1)の幅を例えば約0.1～0.3μmまで極微小化することが可能となる。

## 【0078】

また、上部ポールチップ12a cの分割形成は、以下のような観点においても、上部ポールチップ12a cの高精度化に寄与することとなる。すなわち、上部ポールチップ12a cを分割して形成せずに、フレームめっき法によって一括して形成する場合には、従来問題とされていたように、上部ポールチップ12a cの形成に必要なフォトレジスト膜の膜厚とフォトレジスト膜に対する加工幅（特に極微小幅部分）との差異が大きすぎるために、フレームパターンの形成精度が大きく低下してしまう。これに対して、本実施の形態では、上部ポールチップ12a cを分割して形成することにより、その一部であるポールチップ部12aを形成するためのフォトレジスト膜の膜厚は、上部ポールチップ12a cを一括して形成する場合に必要なフォトレジスト膜の膜厚よりも小さくなる。このフォトレジスト膜の膜厚の減少により、ポールチップ部12aの形成精度が向上することとなる。

## 【0079】

また、本実施の形態では、ポールチップ部12aの形成材料として、鉄、ニッケルおよびコバルトを含む磁性材料、例えば鉄ニッケルコバルト合金（C o N i F e）を用いるようにしている。一般に、この鉄ニッケルコバルト合金は、パーマロイやニッケル鉄等の磁性材料よりも硬い磁性材料であるため、鉄ニッケルコバルト合金に対するエッティング速度は、パーマロイや窒化鉄等に対するエッティング速度よりも遅くなる。このため、ポールチップ前駆層112をパターニングするためのエッティング処理時において、ポールチップ前駆層112に対するエッティング量よりもポールチップ部12aに対するエッティング量を小さくし、ポールチップ部12aの膜減りを抑制することができる。これにより、ポールチップ前駆層112をパターニングするために鉄ニッケルコバルト合金よりなるポールチップ部12aをマスクとして使用することが可能となる。ただし、ポールチップ部12aの形成時には、エッティング処理時における「膜減り」を見こして、ポールチップ部12aの厚みを必要かつ十分に確保しておく必要がある。ポールチップ部12aに対するエッティング量（膜減り量）は、エッティングガスの種類や加工温度などのエッティング条件を変更することにより調整可能である。

## 【0080】

ポールチップ部12aの形成材料としての鉄ニッケルコバルト合金は、形成されることとなるポールチップ部12aの膜厚が適度に薄い場合にのみ使用するのが好ましい。なぜなら、例えば、鉄ニッケルコバルト合金を形成材料として用いて、上部ポールチップ12a cを一括して形成しようとすると、内部応力の蓄積に起因して鉄ニッケルコバルト合金が部分的に割れたり、剥がれてしまい、上部ポールチップ12a cを正常に形成することができないからである。具体的には、約2.5 μm以下の膜厚を有する磁性層部分を形成する場合に、その形成材料として鉄ニッケルコバルト合金を用いることが可能となる。上部ポールチップ12a cを分割形成し、ポールチップ部12aの膜厚を適度に薄くすることにより、鉄ニッケルコバルト合金などの硬い磁性材料を用いた場合においても、上記の「割れ」または「剥がれ」等を回避し、ポールチップ部12aを安定的に形成することができる。

#### 【0081】

また、本実施の形態では、ポールチップ前駆層112をパターニングするためのエッティング方法としてRIEを用いるようにしたので、イオンミリングを用いる場合よりも、ポールチップ部12cを高精度かつ短時間で形成することができる。特に、RIEによるエッティング処理を適正なエッティング条件下において行うようにしたので、ポールチップ部12cの形成に要する時間をより短縮することができる。

#### 【0082】

なお、エッティング手法としてRIEを用いた場合の形成精度の向上および形成時間の短縮に関する効果は、下部磁極9や上部ヨーク12eを形成する場合においても同様である。

#### 【0083】

また、本実施の形態では、上部ポールチップ12a cをマスクとして記録ギャップ層11および下部磁極9を選択的にエッティングするための手法としてRIEを用いるようにしたので、上記したポールチップ部12cの形成の場合と同様の作用により、記録ギャップ層11および下部磁極9に対するエッティング加工を高精度かつ短時間で形成することができる。この場合においても、エッティング条件

を適正化することにより、エッティング加工に要する時間をより短縮することができる。

#### 【0084】

また、本実施の形態では、図5および図11に示したように、エッティング処理によって磁極部分100を形成する際に、上部ポールチップ12a cの周辺領域における非磁性層パターン10の一部もエッティングして除去するようにしたので、薄膜コイル14を形成することとなる下地の表面の位置は、非磁性層パターン10の一部をエッティングしない場合における下地の表面の位置よりも低くなる。このため、後工程において、薄膜コイル14の上方には十分な厚みを有する絶縁膜16が形成されることとなるので、薄膜コイル14と後工程において形成される上部ヨーク12eとの間を確実に絶縁することができる。

#### 【0085】

また、薄膜コイル14を形成することとなる下地の表面の位置を低くすることにより、この観点においても、以下のような理由により、ポールチップ部12aの形成の安定化に寄与することができる。すなわち、例えば、下地の表面の位置を固定した場合、薄膜コイル14の上方に配設されることとなる絶縁膜16の膜厚は、ポールチップ部12aの膜厚に依存することとなる。このような場合において、薄膜コイル14の上方に配設されることとなる絶縁膜16の膜厚を厚くするためには、ポールチップ部12aの膜厚を厚くしなければならない。しかしながら、上記したように、鉄ニッケルコバルト合金よりなるポールチップ部12aの膜厚を厚くすると、その形成が不安定化することとなる。これに対して、本実施の形態では、下地の表面の位置を低くすることにより、薄膜コイル14の上方における絶縁膜16の厚みを十分に確保しつつ、ポールチップ部12aの膜厚を小さくすることができる。したがって、上記したポールチップ部12aの膜厚が大きい場合の不具合を回避することができる。

#### 【0086】

また、本実施の形態では、薄膜コイル14（コイル接続部14sを含む）の各巻線間を埋め込む絶縁膜15の形成材料として、加熱時に流動性を示すフォトレジストなどの有機絶縁材料を用いるようにしたので、加熱時に流動性を示さない

アルミナなどの無機絶縁材料を用いる場合とは異なり、薄膜コイル14等の各巻線間を隙間なく埋めつくすことができ、確実に絶縁することができる。

## 【0087】

## &lt;薄膜磁気ヘッドの構造&gt;

次に、図8、図12および図13を参照して、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの構造について説明する。

## 【0088】

図13は、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法により製造された薄膜磁気ヘッドの平面構造の概略を表すものである。なお、図13では、絶縁膜15、16およびオーバーコート層17等の図示を省略している。また、薄膜コイル14については、その最外周部分のみを図示し、非磁性層パターン10については、その最外端のみを図示している。図8(A)は、図13におけるVIIIA-VIIIA線に沿った矢視断面に相当する。なお、図13中のX、Y、Z軸方向に関するそれぞれの表記については、図1～図12の場合と同様とする。

## 【0089】

図13に示したように、非磁性層パターン10の最前端の位置は、スロートハイト( $T_H$ )を決定する際の基準となる位置、すなわちスロートハイトゼロ位置( $T_H0$ 位置)である。スロートハイト( $T_H$ )は、非磁性層パターン10の最前端の位置( $T_H0$ 位置)からエアベアリング面80までの長さとして規定される。また、図13における「MRH0位置」は、MR膜5の最後端の位置、すなわちMRハイトゼロ位置を表している。MRハイト( $MRH$ )は、MRハイトゼロ位置からエアベアリング面80までの長さである。スロートハイトゼロ位置( $T_H0$ 位置)とMRハイトゼロ位置( $MRH0$ 位置)とは、例えば、ほぼ一致している。

## 【0090】

上部磁極12は、例えば、それぞれ別個に形成された上部ポールチップ12a～c、磁路接続部12b、12dおよび上部ヨーク12eによって構成されている。すなわち、上部磁極12は、これらの各部位の集合体である。

## 【0091】

上部ヨーク12eは、薄膜コイル14により発生した磁束を収容するための大きな面積を有するヨーク部12e(1)と、ヨーク部12e(1)よりも小さい一定幅を有する接続部12e(2)とを含んでいる。ヨーク部12e(1)の幅は、例えば、その後方部においてほぼ一定であり、その前方部においてエアベアリング面80に近づくにつれて徐々に狭まるようになっている。また、接続部12e(2)の幅は、例えば、ポールチップ部12aの後端部12a(3)の幅よりも大きくなっている。ただし、必ずしもこのような場合に限らず、例えば、前者の幅が後者の幅よりも小さくなるようにしてもよい。

#### 【0092】

上部ポールチップ12a cは、例えば、2層構造を有し、上層部分としてのポールチップ部12aと下層部分としてのポールチップ部12cとによって構成されている。

#### 【0093】

ポールチップ部12aは、エアベアリング面80から順に先端部12a(1)、中間部12a(2)および後端部12a(3)を含んでいる。これらの各部位は、例えば、矩形状の平面形状を有するものである。先端部12a(1)は、その全域にわたってほぼ一定な幅を有し、この幅は記録時の記録トラック幅を画定するものである。中間部12a(2)の幅は先端部12a(1)の幅よりも大きく、後端部12a(3)の幅は中間部12a(2)の幅よりも大きくなっている。すなわち、先端部12a(1)と中間部12a(2)との連結部分（以下、単に「第1の連結部分」ともいう。）および中間部12a(2)と後端部12a(3)との連結部分（以下、単に「第2の連結部分」ともいう。）のそれぞれには、幅方向の段差が形成されている。ポールチップ部12aを構成する各部位の各幅方向の中心は互いに一致している。

#### 【0094】

ポールチップ部12aにおける第1の連結部分の位置は、例えば、TH0位置（またはMRH0位置）の位置よりも後退している。上部ヨーク12eの前側の端縁面12e fの位置は、例えば、ポールチップ部12aにおける第2の連結部分の位置よりも後退している。すなわち、上部ヨーク12eは、エアベアリング

面80から離れて位置している。なお、上部ヨーク12eの配設位置は、必ずしも上記のような場合に限らず、例えば、端縁面12efの位置が第2の連結部分の位置とほぼ一致するようにしてもよい。上部ヨーク12eおよびポールチップ部12aの各幅方向の中心は、互いに一致している。

## 【0095】

ポールチップ部12aの第1の連結部分において、先端部12a(1)の側縁面と中間部12a(2)の前側の端縁面とが交わるコーナー部における角度γは、例えば90度である。なお、このコーナー部の角度γは必ずしもこれに限られるものではなく、例えば90度ないし120度の範囲内となるようにするのが好適である。角度γを上記の範囲内とすることにより、後端部12a(3)および中間部12a(2)から先端部12a(1)に流入する磁束の流れを円滑化することができるからである。

## 【0096】

ポールチップ部12cは、ポールチップ部12aとほぼ同様の構造を有するものである。ポールチップ部12cは、ポールチップ部12aの先端部12a(1)、中間部12a(2)および後端部12a(3)にそれぞれ対応する先端部12c(1)、中間部12c(2)および後端部12c(3)を含んでいる。

## 【0097】

図8(A)、図12および図13に示したように、上部ポールチップ12acは、記録ギャップ層11の下段領域上から上段領域上にかけて延在している。上部ヨーク12eの前側の一部は、ポールチップ部12aの後端部12a(3)の一部と部分的にオーバーラップして磁気的に連結され、ポールチップ部12aを介してポールチップ部12cとも磁気的に連結されている。一方、図8(A)および図13に示したように、上部ヨーク12eの後方の一部は、開口部10kにおいて、磁路接続部12b、12dを介して下部磁極9とも磁気的に連結されている。すなわち、上部磁極12(上部ポールチップ12ac、磁路接続部12b、12d、上部ヨーク12e)と下部磁極9とが接続されることにより、磁束の伝搬経路、すなわち磁路が形成されている。

## 【0098】

図13に示したように、薄膜コイル14は、渦巻状の平面形状を有する巻線体である。薄膜コイル14のうち、例えばその内側の終端部および外側の終端部には、コイル接続部14sおよび端子14xがそれぞれ形成されている。双方の部位は、薄膜コイル14と一体をなすものである。コイル接続部14s上にはコイル接続配線12e hが形成されており、薄膜コイル14とコイル接続配線12e hとは、コイル接続部14sを介して電気的に接続されている。端子14xおよびコイル接続配線12e hの後端部分（図示せず）は、共に図示しない外部回路に接続されており、この外部回路によって薄膜コイル14を通電させることができるようにになっている。

#### 【0099】

図8（A）、図12および図13に示したように、非磁性層パターン10は、例えば、その最前端が、ポールチップ部12cにおける先端部12c(1)の延在領域内に位置するようになっている。図8（A）および図13に示したように、非磁性層パターン10は、例えば、上部磁極12および薄膜コイル14の配設領域をほぼ含むような広範囲な領域に配設されている。

#### 【0100】

##### 〈薄膜磁気ヘッドの構造に関する作用および効果〉

次に、図8（A）、図12および図13を参照して、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの構造に関する作用および効果について説明する。

#### 【0101】

ここでは、まず、薄膜磁気ヘッドの基本的動作、すなわち、記録媒体に対するデータの記録動作および記録媒体からのデータの再生動作について簡単に説明する。

#### 【0102】

本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドでは、情報の記録動作時に図示しない外部回路を通じて薄膜コイル14に電流が流れると、これに応じて磁束が発生する。このとき発生した磁束は、上部ヨーク12e内をヨーク部12e(1)から接続部12e(2)へ伝搬し、上部ヨーク12eと磁気的に連結されているポールチップ部12aの後端部12a(3)へ流入する。後端部12a(3)に流入した磁束は、

中間部12a(2)を経由して先端部12a(1)へ伝搬する。先端部12a(1)へ伝搬した磁束は、さらにそのエアベアリング面80側の先端部分に到達する。このとき、ポールチップ部12aの後端部12a(3)に流入した磁束の一部は、ポールチップ部12aと磁気的に連結されているポールチップ部12cの後端部12c(3)にも伝搬し、同様に中間部12c(2)を経由して先端部12c(1)の先端部分まで到達する。先端部12a(1)および先端部12c(1)の双方の先端部分に到達した磁束により、記録ギャップ層11近傍の外部に記録用の信号磁界が発生する。この信号磁界により、磁気記録媒体を部分的に磁化して、情報を記録することができる。

#### 【0103】

一方、再生時においては、再生ヘッド部のMR膜5にセンス電流を流す。MR膜5の抵抗値は、磁気記録媒体からの再生信号磁界に応じて変化するので、その抵抗変化をセンス電流の変化によって検出することにより、磁気記録媒体に記録されている情報を読み出すことができる。

#### 【0104】

本実施の形態では、上部ポールチップ12a cのうち、磁極部分100の一部を構成する一定幅部分が上下に配設された2つの部位（先端部12a(1), 12c(1)）により構成されるようにすると共に、双方の部位が1.5テスラ以上の高い磁束密度を有する磁性材料よりなるようにしたので、記録密度を高めるために磁極幅を極微小化した場合においても、磁束の飽和現象が抑制され、磁束の伝搬が円滑化される。これにより、磁気ボリュームの小さい先端部12a(1), 12c(1)のそれぞれの先端部まで十分な量の磁束が供給されるため、優れたオーバーライト特性を確保することができる。

#### 【0105】

また、本実施の形態では、上部ポールチップ12a cを2層構造とし、その上層部分であるポールチップ部12aの形成材料として鉄ニッケルコバルト合金を用い、下層部分であるポールチップ部12cの形成材料としてニッケル鉄を用いるようにしたので、この観点においても、優れたオーバーライト特性の確保に寄与することとなる。その理由は、以下の通りである。すなわち、一般に、ポール

チップ部12aの形成材料として用いられる鉄ニッケルコバルト合金は、上記したように、その高い硬度特性によりエッチングマスクとして利用することが可能な反面、めっき処理時におけるその組成制御が困難である。組成制御が十分でないと、鉄ニッケルコバルト合金中において部分的に磁束密度の差異が生じ、磁束の伝搬特性に偏りが生じてしまう可能性がある。一方、ポールチップ部12cの形成材料として用いられるニッケル鉄は、形成手法としてスパッタリングを用いることにより、その組成を比較的容易に制御することができる。これらのことから、鉄ニッケルコバルト合金の組成が多少乱れ、ポールチップ部12a内における磁束の伝搬特性にばらつきが生じたとしても、組成が適正に制御されたニッケル鉄よりなるポールチップ部12cにおいて、適正な磁束の伝搬が確保されることとなる。

#### 【0106】

また、本実施の形態では、平坦な下部磁極9上に隣接するように、例えばアルミナなどの非磁性材料よりなる非磁性層パターン10を配設している。この非磁性層パターン10は、磁束の遮蔽材として機能し、その上方領域から下方領域に向かう磁束の流れ（磁束の漏れ）を抑制するものである。この非磁性層パターン10の存在により、上部ポールチップ12a cと下部磁極9との間に厚みの薄い記録ギャップ層11しか配設しない場合よりも、非磁性層パターン10の配設領域に対応する領域において、上部ポールチップ12a cから記録ギャップ層11を通過して下部磁極9へ磁束が伝搬することを抑制することができる。特に、非磁性層パターン10の最前端がポールチップ部12aの先端部12a(1)（またはポールチップ部12cの先端部12c(1)）の延在領域内に位置するようにすることにより、上部ポールチップ12a cのほぼ全領域において「磁束の漏れ」を抑制することができる。したがって、上部ポールチップ12a c内の磁束の伝搬過程において、「磁束の漏れ」に起因する磁束の伝搬ロスを回避することができる。この点もまた、優れたオーバーライト特性の確保に寄与することとなる。なお、非磁性層パターン10は、上部ポールチップ12a cから下部磁極9へ磁束が伝搬することを抑制すると同時に、下部磁極9から上部ポールチップ12a cへ磁束が伝搬することをも抑制することができる。

## 【0107】

また、本実施の形態では、ポールチップ部12aを構成する先端部12a(1)、中間部12a(2)、後端部12a(3)のそれぞれの幅W1、W2、W3がW1 < W2 < W3の関係となるようにしたので、上記の各部位の磁気ボリュームをそれぞれV1、V2、V3とすると、各部位間の磁気ボリュームの関係もまたV1 < V2 < V3となる。このため、ポールチップ部12aに流入した磁束は、後端部12a(3)から中間部12a(2)を経由して先端部12a(1)まで伝搬する過程において、磁気ボリュームの段階的な減少に応じて段階的に集束され、先端部12a(1)には十分な量の磁束が供給される。このように、ポールチップ部12aを構成する各部位の磁気ボリュームを適正化することにより、磁束の伝搬過程における磁束の飽和現象が回避される。この点もまた、優れたオーバーライト特性の確保に寄与する。なお、上記した磁気ボリュームの段階的減少に基づく効果は、ポールチップ部12cについても同様である。

## 【0108】

また、本実施の形態では、非磁性層パターン10の前端縁部近傍が斜面をなすようにしたので、この斜面部の上方領域における上部ポールチップ12ac内の磁束の流れを円滑化することができる。

## 【0109】

また、本実施の形態では、上部ヨーク12eの最前端の位置が、エアベアリング面80の位置よりも後退するようにしたので、上部ヨーク12eからエアベアリング面90側に対して磁束が直接放出されることを回避することができる。このため、サイドイレーズ現象の発生を防止することができる。

## 【0110】

## &lt;第1の実施の形態に関する変形例&gt;

なお、本実施の形態では、ポールチップ前駆層112（ポールチップ部12c）およびポールチップ部12aの双方の形成材料として、共に1.5テスラ以上の高い磁束密度を有する磁性材料（例えば、窒化鉄、鉄ニッケルコバルト合金等）を用いるようにしている。ここで、上記のそれぞれの部位を形成するために用いる磁性材料の磁束密度は自由に設定することが可能である。具体的には、例え

ば、それぞれの部位の形成材料として、互いに等しい磁束密度を有する2種類の磁性材料を用いるようにしてもよいし、または互いに異なる磁束密度を有する2種類の磁性材料を用いるようにしてもよい。いずれの場合においても、上記実施の形態の場合とほぼ同様の効果を得ることができる。ただし、互いに異なる磁束密度を有する磁性材料を用いる場合には、例えば、以下のような理由により、ポールチップ前駆層112を構成する磁性材料の磁束密度が、ポールチップ部12aを構成する磁性材料の磁束密度よりも大きくなるようにするのが好ましい。すなわち、薄膜磁気ヘッドの動作（例えば情報の記録等）は、主に、上部ポールチップ12a cのうち、記録ギャップ層11に近い側の領域を伝搬する磁束の作用に依存するところが大きい。このため、互いに異なる磁束密度を有する2種類の磁性材料を用いる場合には、上部ポールチップ12a cの上層領域（ポールチップ部12a）よりも下層領域（ポールチップ部12c）において磁束密度が大きくなるように磁束の分布状態（以下、「磁束密度プロファイル」ともいう。）を構築することが好ましいのである。ただし、必要に応じて、上部ポールチップ12a cの磁束密度プロファイルを自由に調整することも可能である。

#### 【0111】

また、本実施の形態では、下部磁極9、ポールチップ部12cおよび上部ヨーク12e等の形成方法として、スパッタリングによって所定の磁性材層を形成したのち、その磁性材層をエッチング処理によってパターニングする手法を用いるようにしたが、必ずしもこれに限られるものではなく、上記に各部位をフレームめっき法によって形成するようにしてもよい。ただし、ポールチップ前駆層112の組成を適正に制御し、最終的に形成されるポールチップ部12cの内部における磁束の伝搬性を良好に確保しようとするならば、ポールチップ部12cの形成材料として、上記実施の形態において説明したような手法を用いるようにするのが好適である。

#### 【0112】

また、本実施の形態では、ポールチップ部12aの形成材料として鉄ニッケルコバルト合金を用いるようにしたが、必ずしもこれに限られるものではなく、例えば、コバルト鉄合金、ジルコニウムコバルト鉄酸化物合金またはジルコニウム

鉄窒化物合金などの他のアモルファス合金を用いるようにしてもよい。なお、ポールチップ部12aの形成方法としては、上記したフレームめっき法に限らず、下部磁極9等を形成した場合と同様にスパッタリングおよびエッティング処理を用いるようにしてもよい。ただし、ポールチップ前駆層112のパターニング時ににおいてマスクとして機能するポールチップ部12aの膜減り量を抑制するならば、上記実施の形態において説明したように、ポールチップ部12aの形成材料として鉄ニッケルコバルト合金を用いるようにするのが好適である。

#### 【0113】

また、本実施の形態では、下部シールド層3および上部シールド層7の形成方法として電解めっき法を用いるようにしたが、必ずしもこれに限られるものではない。例えば、双方またはいずれか一方の部位の形成方法として、ポールチップ部12c等を形成する場合と同様の手法、すなわちスパッタリングおよびエッティング処理を用いるようにしてもよい。このような場合における上記の各部位の形成材料としては、上記したパーマロイの他、窒化鉄やアモルファス合金（コバルト鉄合金、ジルコニウムコバルト鉄酸化物合金、ジルコニウム鉄窒化物）等を用いるようにしてもよい。ポールチップ部12c等の場合と同様の手法を用いることにより、上記の各部位を高精度かつ短時間で形成することができ、この点でも薄膜磁気ヘッド全体の製造時間の短縮に寄与することとなる。

#### 【0114】

また、本実施の形態では、図11に示したように、磁極部分100を形成する際のRIEによるエッティング処理により、上部ポールチップ12a cの周辺領域における非磁性層パターン10の一部のみを除去するようにしたが、必ずしもこれに限られるものではない。例えば、図14に示したように、エッティング条件を調整することにより、上部ポールチップ12a cの周辺領域における非磁性層パターン10を除去し、下部磁極9が露出するようにしてもよい。このような場合において、最終的に形成される薄膜磁気ヘッドの構造は、図15に示した通りである。図15は、図8に対応するものである。図15に示したように、下部磁極9が露出するまでエッティング処理を行った場合において、薄膜コイル14の配設領域における下地の表面の位置は、図8に示した場合における下地の表面の位置

よりもより低くなる。このため、上記したように、薄膜コイル14の配設領域における下地の表面の位置の低下にともない、ポールチップ部12aの膜厚をより薄くすることが可能となる。したがって、ポールチップ部12aの形成をより安定化することができる。

#### 【0115】

また、本実施の形態では、絶縁膜15の形成材料としてフォトレジストを用いるようにしたが、必ずしもこれに限られるものではなく、上記したフォトレジストの他、例えば、フォトレジストと同様に加熱時に流動性を示すポリイミド樹脂やSOG (Spin on glass) などを用いるようにしてもよい。

#### 【0116】

また、本実施の形態では、記録ギャップ層11の形成材料としてアルミナを用い、またその形成手法としてスパッタリングを用いるようにしたが、必ずしもこれに限られるものではない。記録ギャップ層11の形成材料としては、アルミナの他、例えば窒化アルミニウム(AlN)、シリコン酸化物、シリコン窒化物などの無機絶縁材料を用いるようにしてもよいし、またはタンタル(Ta)、チタンタングステン(WTi)、窒化チタン(TiN)などの非磁性金属を用いるようにしてもよい。また、記録ギャップ層11の形成方法としては、スパッタリングの他、CVD (Chemical Vapor Deposition) 法を用いるようにしてもよい。このような方法を用いて記録ギャップ層11を形成することにより、ギャップ層内にピンホールなどが含有されることを抑制できるので、記録ギャップ層11を介する磁束の漏れを回避することができる。このような効果は、特に、記録ギャップ層11の厚みを薄くした場合に有益である。

#### 【0117】

また、本実施の形態では、図12に示したように、非磁性層パターン10の最前端が、ポールチップ部12cにおける先端部12c(1)の延在領域内に位置するようにしたが、必ずしもこれに限られるものではなく、その最前端の位置は自由に変更可能である。例えば、図16に示したように、非磁性層パターン10の最前端が、ポールチップ部12cにおける後端部12c(3)の延在領域内に位置するようにしてもよい。このような場合には、特に、非磁性層パターン10の最

前端の位置が、上部ヨーク12eの最前端の位置とほぼ一致するか、あるいはその位置よりも前方に位置するようにするのが好適である。なぜなら、ポールチップ部12aと上部ヨーク12eとが接触する接触面12mに対応する領域では、上部ヨーク12eから上部ポールチップ12acに向かって下向きに磁束が流れ、特に「磁束の漏れ」が生じやすいからである。接触面12mに対応する領域を含むように非磁性層パターン10を延在させることにより、接触面12mに対応する領域における「磁束の漏れ」を抑制することができる。なお、図16において、上記の点以外の構造は、図12に示した場合とほぼ同様である。

#### 【0118】

また、本実施の形態では、図8に示したように、下部磁極9に非磁性層パターン10を形成したのち、下部磁極9および非磁性層パターン10の双方を覆うように記録ギャップ層11を形成するようにしたが、必ずしもこれに限られるものではない。例えば、図17に示したように、下部磁極9上に記録ギャップ層11を形成したのち、この記録ギャップ層11に非磁性層パターン10を形成するようにしてもよい。このような場合においても、上記実施の形態の場合とほぼ同様の効果を得ることができる。なお、図17では、磁極部分100を形成する際のRIEによるエッチング処理により、上部ポールチップ12acの周辺領域における非磁性層パターン10を除去し、記録ギャップ層11を露出させた場合を表している。図17において、上記の点以外の構造は、図8に示した場合とほぼ同様である。

#### 【0119】

また、本実施の形態では、上部ヨーク(12e)が窒化鉄の単層構造からなる場合(図8参照)について説明したが、必ずしもこれに限られるものではなく、例えば図18に示したように、上部ヨークが、例えば窒化鉄などの高飽和磁束密度材層91と、例えばアルミナなどの無機絶縁材層92とが交互に積層された構造よりなる(212e)ようにしてもよい。上部ヨークをこのような構造とすることにより、磁路における渦電流の発生を防止し、高周波特性を向上させることができる。なお、上記の高飽和磁束密度材層91および無機絶縁材層92の双方の形成もRIEによって行うことにより、形成時間を短縮することができる。な

お、図18において、上部ヨーク212e以外の部分は、上記の図8の場合と同様である。

【0120】

また、本実施の形態では、薄膜コイル14の内側の終端部にコイル接続部14sを配設するようにしたが、必ずしもこれに限られるものではなく、例えば、薄膜コイル14の外側の終端部にコイル接続部14sを配設するようにしてもよい。このような場合においても、コイル接続部14sと接続されるようにコイル接続配線14e hを配設することにより、上記実施の形態の場合とほぼ同様の効果を得ることができる。

【0121】

〔第2の実施の形態〕

次に、本発明の第2の実施の形態について説明する。

【0122】

まず、図19～図27を参照して、本発明の第2の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法としての複合型薄膜磁気ヘッドの製造方法を説明する。図19～図24において、(A)はエアベアリング面に垂直な断面を示し、(B)は磁極部分のエアベアリング面に平行な断面を示している。図25～図27は、主要な製造工程に対応する斜視図である。ここで、図25は図20に示した状態に対応し、図26は図21に示した状態に対応し、図27は図24に示した状態に対応する。ただし、図26では、図21における絶縁膜24等の図示を省略し、図27では、図24における薄膜コイル25、絶縁膜26、27およびオーバーコート層28等の図示を省略している。なお、図19～図27において、各図中のX、Y、Z軸方向に関する表記は、上記第1の実施の形態の場合と同様とし、また各図中の上記第1の実施の形態における構成要素と同一部分には同一の符号を付すものとする。

【0123】

本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法において、図19における記録ギャップ層11を形成するところまでの工程は、上記第1の実施の形態における図2に示した同工程までと同様であるので、その説明を省略する。

## 【0124】

本実施の形態では、記録ギャップ層11を形成したのち、非磁性層パターン10の上方における平坦な記録ギャップ層11上に、高精度のフォトリソグラフィ処理を用いて、加熱時に流動性を示す材料、例えばフォトレジストなどの有機絶縁材料を約0.5~1.0μmの厚みで形成する。次に、このフォトレジスト膜に対して、例えば200°C~250°Cの範囲内における温度で加熱処理を施す。この加熱処理により、図19に示したように、非磁性層パターン21が形成される。非磁性層パターン21の端縁部近傍は、その端縁部に近づくにつれて落ち込むような丸みを帯びた斜面をなすようになる。非磁性層パターン21を形成する際には、例えば、その最前端の位置が非磁性層パターン10の最前端の位置よりも後退するようにし、非磁性層パターン10と非磁性層パターン21とにより段差が形成されるようにする。ここで、非磁性層パターン21が、本発明における「第2の非磁性層パターン」の一具体例に対応する。

## 【0125】

次に、図19に示したように、全体を覆うように、例えばスパッタリングにより、1.5テスラ以上の高い磁束密度を有する磁性材料、例えば窒化鉄よりなるポールチップ前駆層122を約0.8~2.0μmの厚みで形成する。なお、ポールチップ前駆層122の形成材料としては、上記第1の実施の形態におけるポールチップ前駆層112の場合と同様に、窒化鉄の他、例えば、窒化鉄と同様に1.5テスラ以上の高い磁束密度を有する磁性材料であるコバルト鉄合金(FeCo)、ジルコニウムコバルト鉄酸化物合金(FeCoZrO)またはジルコニウム鉄窒化物合金(FeZrN)などのアモルファス合金を用いるようにしてもよい。ここで、ポールチップ前駆層122が、本発明における「磁性材層」の一具体例に対応する。

## 【0126】

次に、図20に示したように、例えばCMP法により、ポールチップ前駆層122の表面を研磨して平坦化する。このときの研磨処理は、例えば、非磁性層パターン10の配設領域よりも前側の領域におけるポールチップ前駆層122の膜厚が約0.5~1.5μm程度になるまで行う。

## 【0127】

次に、図20および図25に示したように、ポールチップ前駆層122上に、例えばフレームめっき法により、鉄(Fe)、コバルト(Co)およびニッケル(Ni)を含み、1.5以上の高い飽和磁束密度を有する磁性材料、例えば鉄ニッケルコバルト合金(CoNiFe; Co: 45重量%, Ni: 30重量%, Fe: 25重量%)よりなるポールチップ部22aを約1.5~2.5μmの厚みで選択的に形成する。ポールチップ部12aを形成する際には、同時に、ポールチップ前駆層122上に磁路接続部22b(図25では図示せず)を選択的に形成する。ポールチップ部22aおよび磁路接続部22bのそれぞれは、上部磁極22の一部を構成するものである。ポールチップ部22aおよび磁路接続部22bのポールチップ前駆層122上における配設位置、形成方法および構造的特徴等は、上記第1の実施の形態におけるポールチップ部12aおよび磁路接続部12bの場合とほぼ同様である。ポールチップ部22aは、例えば、後述する図28に示したように、先端部22a(1)、中間部22a(2)および後端部22a(3)を含むものである。ここで、ポールチップ部22aが、本発明における「第1の磁性膜」の一具体例に対応する。

## 【0128】

次に、ポールチップ部22aおよび磁路接続部22bの双方をマスクとして、例えばRIEにより、全体にエッティング処理を施す。RIEによるエッティング処理を施す際には、上記第1の実施の形態においてポールチップ部12c等および磁極部分100を形成した場合と同様に、エッティング条件(エッティングガスのガス種および加工温度等)を調整するようとする。特に、本実施の形態では、例えば、磁極部分100を形成するためのエッティング処理により、ポールチップ部22aおよび磁路接続部22bのそれぞれの配設領域以外の部分が一様に掘り下げられるようにエッティング条件を調整する。このエッティング処理により、図21および図26に示したように、ポールチップ前駆層122のうち、ポールチップ部22aおよび磁路接続部22bのそれぞれの配設領域以外の領域における非磁性層パターン21、記録ギャップ層11、非磁性層パターン10および下部磁極9のそれぞれの一部が除去され、上部磁極22の一部を構成するポールチップ部2

2 c および磁路接続部 2 2 d が形成される。また、上記のエッティング処理により、トリム構造を有する磁極部分 2 0 0 が形成される。ポールチップ部 2 2 c 等を形成するためのエッティング処理により、マスク自体、すなわちポールチップ部 2 2 a および磁路接続部 2 2 b のそれぞれ自体もエッティングされ、その膜厚は減少することとなる。

#### 【0129】

ポールチップ部 2 2 c および磁路接続部 2 2 d は、ポールチップ部 2 2 a および磁路接続部 2 2 b のそれぞれとほぼ同様の構造的特徴を有するものである（図 2 8 参照）。ポールチップ部 2 2 c は、先端部 2 2 c (1)、中間部 2 2 c (2) および後端部 2 2 c (3) を含んでいる。ポールチップ部 2 2 c および磁路接続部 2 2 d の双方は 1.5 テスラ以上の高い飽和磁束密度を有する磁性材料（窒化鉄）よりなるものである。以下では、ポールチップ部 2 2 a およびポールチップ部 2 2 c を総称して、単に「上部ポールチップ 2 2 a c」ともいう。

#### 【0130】

上部ポールチップ 2 2 a c は、上記第 1 の実施の形態における上部ポールチップ 1 2 a c の場合と同様に、ポールチップ部 2 2 a およびポールチップ部 2 2 c のそれぞれの形成工程を経て、双方の部位の集合体として形成される。ここで、ポールチップ部 2 2 c が、本発明における「第 2 の磁性膜」の一具体例に対応する。また、ポールチップ 2 2 a 部の先端部 2 2 a (1) およびポールチップ部 2 2 c の先端部 2 2 c (1) が、本発明における「一定幅部分」の一具体例に対応し、ポールチップ部 2 2 a およびポールチップ部 2 2 c が、本発明における「所定の磁性層部分」の一具体例に対応する。

#### 【0131】

次に、図 2 1 に示したように、全体を覆うように、例えばアルミナよりなる絶縁膜 2 3 を約 0.3 ~ 0.5  $\mu$ m の厚みで形成する。

#### 【0132】

次に、図 2 2 に示したように、上部ポールチップ 2 2 a c の配設領域よりも後方の領域（磁路接続部 2 2 b, 2 2 d の配設領域を除く）における平坦な絶縁膜 2 3 上に、例えば電解めっき法により、例えば銅 (Cu) よりなる誘導型の記録

ヘッド用の薄膜コイル24を約1.0~1.5μmの厚みで選択的に形成する。この薄膜コイル24は、例えば、上記第1の実施の形態における薄膜コイル14とほぼ同様の構造的特徴と有するものである。薄膜コイル24を形成する際には、同時に、例えば、その内側の終端部における絶縁膜23上に、コイル接続部24sを薄膜コイル24と一緒に形成する。このコイル接続部24sは、薄膜コイル24と後工程において形成されるコイル接続配線22e h(図23参照)とを電気的に接続させるためのものである。

#### 【0133】

次に、図22に示したように、薄膜コイル24等の各巻線間を絶縁化するための絶縁膜25を形成する。絶縁膜25の形成材料、形成方法および構造的特徴等は、上記第1の実施の形態において絶縁膜15を形成した場合とほぼ同様である。

#### 【0134】

次に、図22に示したように、全体を覆うように、例えばスパッタリングにより、絶縁材料、例えばアルミナ層26pを約3.0~4.0μmの厚みで形成して、上部ポールチップ22a c、磁路接続部22b, 22d、薄膜コイル24およびコイル接続部24s等によって構成された凹凸構造領域を埋設する。

#### 【0135】

次に、図23に示したように、例えばCMP法により、アルミナ層26pの表面全体を研磨して平坦化する。この研磨処理により、薄膜コイル24等を埋設する絶縁膜26が形成される。このときの研磨処理は、少なくとも上部ポールチップ22a cおよび磁路接続部22bが露出するまで行う。

#### 【0136】

次に、図23に示したように、例えばRIEまたはイオンミリングにより、コイル接続部24sの上方を覆っている絶縁膜26を部分的にエッチングして、コイル接続部24sと後工程において形成されるコイル接続配線22e hとを接続させるための開口部26kを形成する。

#### 【0137】

次に、図23に示したように、平坦化された領域のうち、磁路接続部22bの

上方からポールチップ部22aの後端部22a(3)の上方にかけての領域に、上部磁極22の一部を構成する上部ヨーク22eを約2.0~3.0μmの厚みで選択的に形成する。上部ヨーク22eを形成する際には、同時に、コイル接続部24sの上方から図示しない外部回路にかけての領域にコイル接続配線22ehを形成する。上部ヨーク22eおよびコイル接続配線22ehの形成材料、形成方法および構造的特徴等は、例えば、上記第1の実施の形態における上部ヨーク12eおよびコイル接続配線12ehの場合とほぼ同様である。この上部ヨーク22eは、例えば、後述する図28に示したような平面形状を有するものである。ここで、上部ポールチップ22ac、磁路接続部22b, 22dおよび上部ヨーク22eによって構成される上部磁極22が、本発明における「第1の磁性層」の一具体例に対応する。

## 【0138】

次に、図23に示したように、全体を覆うように、絶縁材料、例えばアルミナなどの無機絶縁材料よりなるオーバーコート層27を約20~40μmの厚みで形成する。

## 【0139】

最後に、図24に示したように、機械加工や研磨工程により記録ヘッドおよび再生ヘッドのエアペアリング面80を形成して、薄膜磁気ヘッドが完成する。このときの接続部22e(2)周辺における立体構造は、図27に示したようになる。

## 【0140】

図28は、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法により製造された薄膜磁気ヘッドの平面構造の概略を表すものである。図28において、上記第1の実施の形態における図13に示した構成要素と同一部分には同一の符号を付すものとする。なお、図28では、絶縁膜23, 25, 26およびオーバーコート層27等の図示を省略している。また、薄膜コイル24については、その最外周部分のみを図示している。図24(A)は、図28におけるXXIVA-XXIVA線に沿った矢視断面に相当する。

## 【0141】

図28に示したように、上部磁極22は、例えば、それぞれ別個に形成された上部ポールチップ22a c、磁路接続部22b, 22dおよびおよび上部ヨーク22eによって構成されている。上部磁極22を構成する上記の各部位は、上記第1の実施の形態における上部磁極12を構成する各部位（上部ポールチップ12a c、磁路接続部12b, 12dおよびおよび上部ヨーク12e）とほぼ同様の構造的特徴を有するものである。上部ヨーク22eは、ヨーク部22e(1)および接続部22e(2)を含んでいる。ポールチップ部22aは、先端部22a(1)、中間部22a(2)および後端部22a(3)を含み、ポールチップ22cは、先端部22c(1)、中間部22a(2)および後端部22a(3)を含んでいる。

#### 【0142】

図24(A)、図27および図28に示したように、上部ポールチップ22a cは、記録ギャップ層11の下段領域上から、非磁性層パターン10の上方における上段領域上を経由して、非磁性層パターン21の斜面部上にかけて延在している。上部ヨーク22eは、開口部10kにおいて磁路接続部22b, 22dを介して下部磁極9と磁気的に連結されると共に、ポールチップ部22aを介してポールチップ部22cとも磁気的に連結されている。すなわち、上部磁極22（ポールチップ部22a, 22c, 磁路接続部22b, 22d, 上部ヨーク22e）と下部磁極9とが接続されることにより磁路が形成されている。

#### 【0143】

図28に示したように、薄膜コイル24およびコイル接続部24sは、上記第1の実施の形態における薄膜コイル14およびコイル接続部14sと同様の構造的特徴を有するものである。薄膜コイル24は、開口部26kにおいてコイル接続部24sを介してコイル接続配線22e hと電気的に接続されている。薄膜コイル24の外側の終端部24xとコイル接続配線22e hの後方の一部（図示せず）とは図示しない外部回路に接続されており、この外部回路を通じて薄膜コイル24を通電させることができるものになっている。

#### 【0144】

図24(A)、図27および図28に示したように、非磁性層パターン21は、その最前端が、例えばポールチップ部22aの先端部22a(1)（またはポー

ルチップ部22cの先端部22c(1)の延在領域内に位置するようになっている。非磁性層パターン21の最前端の位置は、例えば、非磁性層パターン10の最前端の位置よりも後退している。

## 【0145】

なお、図28に示した上記以外の配設物に関する構造的特徴は、上記第1の実施の形態の場合（図13参照）と同様である。

## 【0146】

本実施の形態では、図24に示したように、非磁性層パターン10の上方における記録ギャップ層11上に隣接するように、例えばフォトレジストなどの非磁性材料よりなる非磁性層パターン21を配設している。この非磁性層パターン21は、非磁性層パターン10と同様に、磁束の遮蔽材として機能するものである。非磁性層パターン10と共に非磁性層パターン21を配設することにより、非磁性層パターン10のみを配設した場合よりも、「磁束の漏れ」をより抑制することができる。しかも、本実施の形態では、非磁性層パターン21の最前端が、ポールチップ部22cにおける先端部22c(1)の延在領域内に位置するようにしたので、非磁性層パターン10の場合と同様の作用により、上部ポールチップ22a cのほぼ全領域における「磁束の漏れ」に起因する磁束の伝搬ロスをより低減させることができる。したがって、より優れたオーバーライト特性を確保することが可能となる。

## 【0147】

また、本実施の形態では、磁極部分200を形成するためのエッチング処理を行う際に、上部ポールチップ22a cの配設領域以外の領域（磁路接続部22bの配設領域を除く）を一様にエッチングして下部磁極9の途中まで掘り下げるようとしたので、上記第1の実施の形態の場合（図8、図15参照）よりも、薄膜コイル24の配設領域における下地（絶縁膜23）の表面の位置をより低くすることができる。このため、上記第1の実施の形態において説明した場合と同様の作用により、ポールチップ部22aの膜厚をさらに薄くすること（約1.0～2.0  $\mu$ m）ができるので、上部ポールチップ22a cの形成をより安定化することができる。

## 【0148】

また、本実施の形態では、非磁性層パターン21の最前端の位置が非磁性層パターン10の最前端の位置（すなわちTH0位置）よりも後退するようにし、両者により段差部分が形成されたようにしたので、上部ポールチップ22a cに流入した磁束は、上記の段差部分に沿って伝搬しながら段階的に集束される。このため、上部ポールチップ22a c内の磁束の流れを円滑化することができる。

## 【0149】

また、本実施の形態では、非磁性層パターン21の前端縁部近傍が斜面をなすようにしたので、非磁性層パターン10の場合と同様の作用により、非磁性層パターン21の斜面部の上方領域における上部ポールチップ22a c内の磁束の流れを円滑化することができる。

## 【0150】

なお、本実施の形態では、図27に示したように、非磁性層パターン21の最前端が、ポールチップ部22cにおける先端部22c(1)の延在領域内に位置するようにしたが、必ずしもこれに限られるものではなく、例えば、上記第1の実施の形態において説明した非磁性層パターン10の配設位置を変更する場合（図16参照）と同様に、非磁性層パターン21の配設位置を変更するようにしてもよい。

## 【0151】

なお、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法に関する上記以外の作用、効果および変形例等は、上記第1の実施の形態の場合と同様であるので、その説明を省略する。

## 【0152】

以上、いくつかの実施の形態を挙げて本発明を説明したが、本発明はこれらの実施の形態に限定されず、種々の変形が可能である。例えば、上記の各実施の形態では、2層構造よりなる上部ポールチップを形成する場合について説明したが、必ずしもこれに限られるものではなく、3層以上の多層構造よりなる上部ポールチップを形成するようにしてもよい。このような場合においても、上記各実施の形態の場合と同様の効果を得ることができる。なお、上部ポールチップを構成

する各部位の形成材料として、互いに異なる磁束密度を有する複数の磁性材料を用いる場合には、上記したように、上部ポールチップの上層部から下層部に向かって磁束密度が大きくなるように磁束密度プロファイルを調整するようにするのが好ましい。もちろん、上部ポールチップの磁束密度プロファイルを自由に調整することも可能である。

#### 【0153】

また、上記の各実施の形態では、上部ポールチップの下層部分を構成するポールチップ部を形成するためのポールチップ前駆層を形成したのち、このポールチップ前駆層の表面を研磨して平坦化するようにしたが、必ずしもこれに限られるものではない。例えば、ポールチップ前駆層の形成領域における下地があらかじめ平坦である場合には、上記の研磨処理を省略するようにしてもよい。

#### 【0154】

また、上記の各実施の形態で示した上部磁極を構成する各磁性層部分（上部ポールチップ、上部ヨーク等）の平面形状は、必ずしも図13および図28に示したものに限られるものではなく、各磁性層部分の磁気ボリュームを適正化し、薄膜コイルで発生した磁束を先端部の先端部分まで十分に供給し得る限り、自由に変更することが可能である。

#### 【0155】

また、例えば、上記各実施の形態およびその変形例では、複合型薄膜磁気ヘッドの製造方法について説明したが、本発明は、書き込み用の誘導型磁気変換素子を有する記録専用の薄膜磁気ヘッドや記録・再生兼用の誘導型磁気変換素子を有する薄膜磁気ヘッドにも適用することができる。また、本発明は、書き込み用の素子と読み出し用の素子の積層順序を逆転させた構造の薄膜磁気ヘッドにも適用することができる。

#### 【0156】

##### 【発明の効果】

以上説明したように、請求項1ないし請求項12のいずれか1項に記載の薄膜磁気ヘッドによれば、所定の磁性層部分がギャップ層に対して遠い側から順に配設された第1の磁性膜および第2の磁性膜を含み、第1の磁性膜および第2の磁

性膜が共に1.5テスラ以上の磁束密度を有する磁性材料よりなるようにしたので、記録トラック幅を規定する一定幅部分が極微小化されたとしても、記録媒体対向面側まで十分な磁束を導くことができる。したがって、優れたオーバーライト特性を確保することができるという効果を奏する。

## 【0157】

特に、請求項8記載の薄膜磁気ヘッドによれば、第2の磁性層と第2の磁性膜との間に、後方部が絶縁層と連結し前端が記録媒体対向面の手前の所定の位置で終端するように延在する第1の非磁性層パターンが配設されたようにしたので、この第1の非磁性層パターンの存在により、第1の磁性層と第2の磁性層との間の磁束の漏れを抑制し、磁束の伝搬ロスを低減することができるという効果を奏する。

## 【0158】

また、請求項9記載の薄膜磁気ヘッドによれば、さらに、第1の非磁性層パターンと第2の磁性膜との間に、後方部が絶縁層と連結し前端が第1の非磁性層パターンの前端よりも後方の位置で終端するように延在する第2の非磁性層パターンが配設されたようにしたので、この第2の非磁性層パターンの存在により、第1の磁性層と第2の磁性層との間の磁束の漏れをさらに抑制できると共に、磁束の流れをより円滑にすることができるという効果を奏する。

## 【0159】

また、請求項11記載の薄膜磁気ヘッドによれば、第1の非磁性層パターンの前端近傍および第2の非磁性層パターンの前端近傍が第2の磁性層の平坦な表面に対して傾斜するようにしたので、第1の非磁性層パターンおよび第2の非磁性層パターンのそれぞれの上方における所定の磁性層部分内の磁束の流れをより円滑にすることができるという効果を奏する。

## 【0160】

また、請求項12記載の薄膜磁気ヘッドによれば、第1の非磁性層パターンの前端が所定の磁性層部分における一定幅部分の延在領域内に位置するようにしたので、所定の磁性層部分のほぼ全領域において磁束の漏れを抑制することができるという効果を奏する。

## 【0161】

請求項13ないし請求項23のいずれか1項に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、磁性材層を形成する工程と、この磁性材層上に所定の磁性層部分の一部をなす第1の磁性膜を選択的に形成する工程と、この第1の磁性膜をマスクとして用いて磁性材層を選択的にエッティングすることにより所定の磁性層部分の一部をなす第2の磁性膜を選択的に形成するエッティング工程とを含むようにしたので、磁性材層をパターニングするためのマスクを新たに形成する工程が不要となる。したがって、薄膜磁気ヘッドの製造に要する製造工程数を削減し、製造時間を短縮することができる。

## 【0162】

特に、請求項19記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、磁性材層をスパッタリングにより形成し、第1の磁性膜をめっき膜の成長により形成するようにしたので、磁性材層の形成材料の組成を適正に制御することができるという効果を奏する。

## 【0163】

また、請求項20記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、エッティング工程を反応性イオンエッティングにより行うようにしたので、第2の磁性膜を高精度かつ短時間で形成することができるという効果を奏する。

## 【0164】

また、請求項22記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、50°Cないし300°Cの範囲内の温度下においてエッティング工程を行うようにしたので、エッティング処理に要する時間を短縮することができるという効果を奏する。

## 【0165】

また、請求項23記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、エッティング工程において、さらに、ギャップ層および第2の磁性層のうち、所定の磁性層部分における一定幅部分の形成領域以外の領域を選択的に除去するようにしたので、ギャップ層および第2の磁性層を高精度かつ短時間で加工することができるという効果を奏する。

## 【0166】

請求項24、請求項25または請求項26に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、磁性材層を形成する工程と、この磁性材層の表面を研磨して平坦化する工程と、この平坦化された磁性材層上に第1の磁性膜を形成する工程とを含むようにしたので、第1の磁性膜の形成が平坦な下地上で行われる。このため、露光処理時における不具合等を抑制し、第1の磁性膜を高精度に形成することができるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の第1の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法における一工程を説明するための断面図である。

【図2】

図1に続く工程を説明するための断面図である。

【図3】

図2に続く工程を説明するための断面図である。

【図4】

図3に続く工程を説明するための断面図である。

【図5】

図4に続く工程を説明するための断面図である。

【図6】

図5に続く工程を説明するための断面図である。

【図7】

図6に続く工程を説明するための断面図である。

【図8】

図7に続く工程を説明するための断面図である。

【図9】

図3に続く工程を説明するための斜視図である。

【図10】

図4に続く工程を説明するための斜視図である。

【図11】

図5に続く工程を説明するための斜視図である。

【図12】

図8に示した断面図に対応する斜視図である。

【図13】

本発明の第1の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの平面構造を表す平面図である。

【図14】

本発明の第1の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法に関する変形例を表す斜視図である。

【図15】

図14に示した斜視図に対応する断面図である。

【図16】

本発明の第1の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの構造に関する変形例を表す斜視図である。

【図17】

本発明の第1の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの構造に関する他の変形例を表す断面図である。

【図18】

本発明の第1の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの上部ヨークの変形例を表す断面図である。

【図19】

本発明の第2の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法における一工程を説明するための断面図である。

【図20】

図19に続く工程を説明するための断面図である。

【図21】

図20に続く工程を説明するための断面図である。

【図22】

図21に示した断面図に対応する斜視図である。

【図23】

図22に示した断面図に対応する斜視図である。

【図24】

図23に示した断面図に対応する斜視図である。

【図25】

図20に示した断面図に対応する斜視図である。

【図26】

図21に示した断面図に対応する斜視図である。

【図27】

図24に示した断面図に対応する斜視図である。

【図28】

本発明の第2の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの平面構造を表す平面図である。

【図29】

従来の薄膜磁気ヘッドの製造方法の一工程を説明するための断面図である。

【図30】

図29に続く工程を説明するための断面図である。

【図31】

図30に続く工程を説明するための断面図である。

【図32】

従来の薄膜磁気ヘッドの要部構造を表す断面図である。

【図33】

図32に示した薄膜磁気ヘッドにおける磁極部分のエアベアリング面に平行な断面を示す断面図である。

【図34】

従来の薄膜磁気ヘッドの構造を示す平面図である。

【符号の説明】

1…基板、2…絶縁層、3…下部シールド層、4，6…シールドギャップ膜、  
5…MR膜、7…上部シールド層、8，13，15，16，23，25，26…

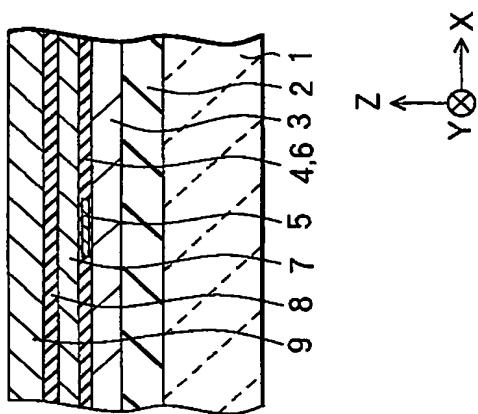
絶縁膜、9…下部磁極、10, 21…非磁性層パターン、11…記録ギャップ層、12, 22…上部磁極、12a, 12c, 22a, 22c…ポールチップ部、12a(1), 12c(1), 22a(1), 22c(1)…先端部、12a(2), 12c(2), 22a(2), 22c(2)…中間部、12a(3), 12c(3), 22a(3), 22c(3)…後端部、12a c, 22a c…上部ポールチップ、12b, 12d, 22b, 22d…磁路接続部、14, 24…薄膜コイル、16p, 26p…アルミナ層、12e, 22e, 212e…上部ヨーク、12e(1), 22e(1)…ヨーク部、12e(2), 22e(2)…接続部、12e h, 22e h…コイル接続配線、17, 27…オーバーコート層、80…エアベアリング面、91…高飽和磁束密度材層、92…無機絶縁材層92、100, 200…磁極部分、112, 122…ポールチップ前駆層、TH…スロートハイト、MRH…MRハイト

【書類名】

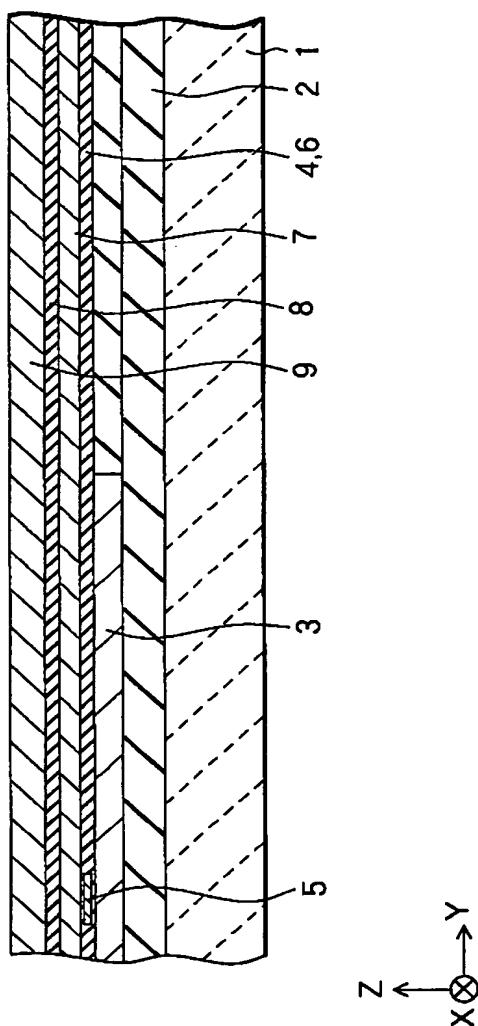
図面

【図1】

(B)

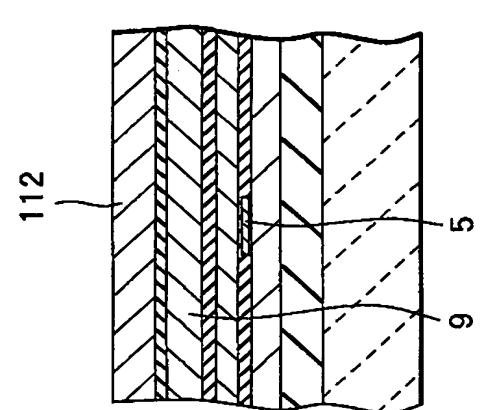


(A)

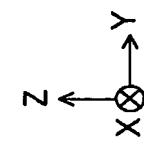
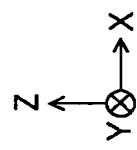
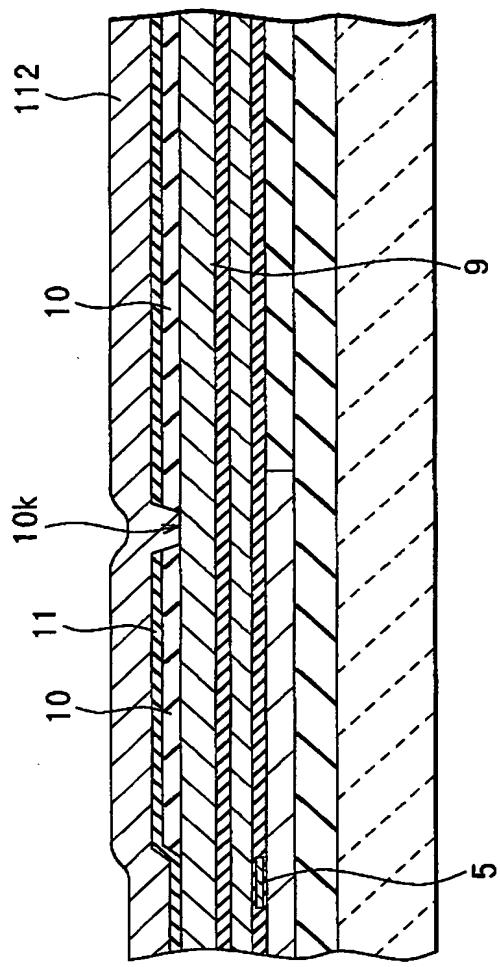


【図2】

(B)

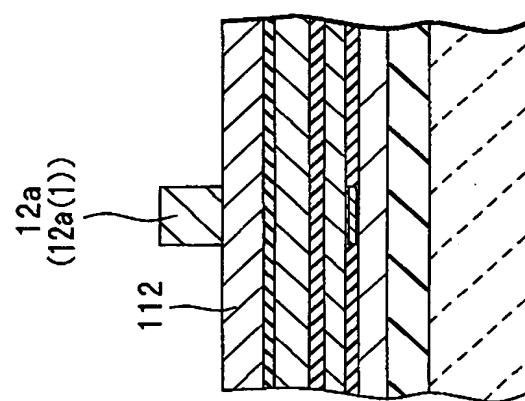


(A)

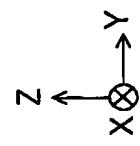
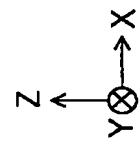
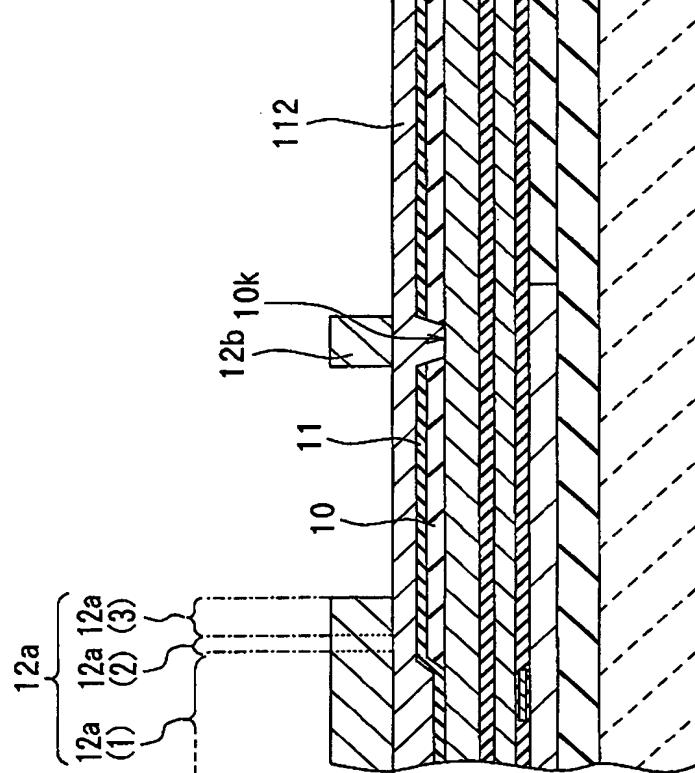


【図3】

(B)

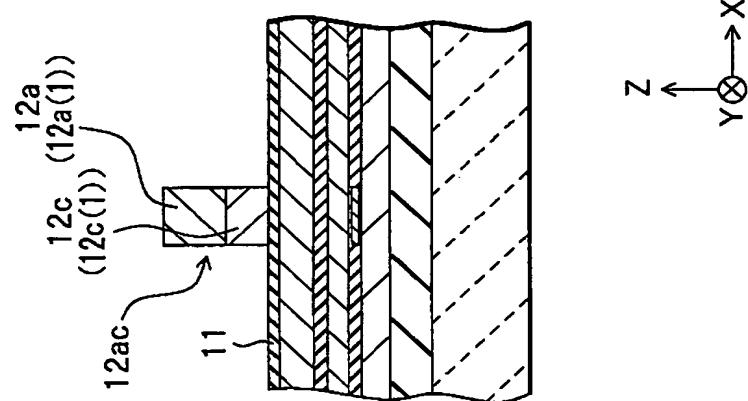


(A)

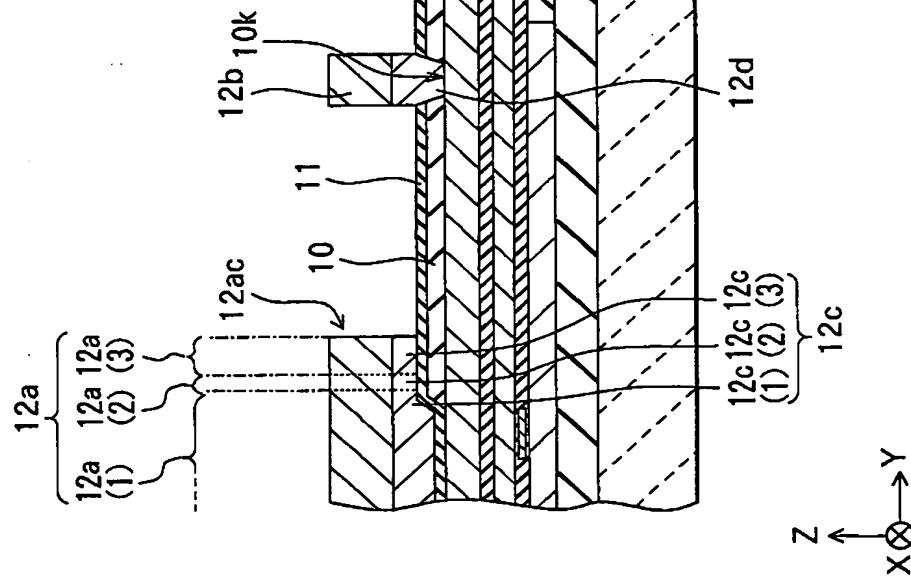


【図4】

(B)

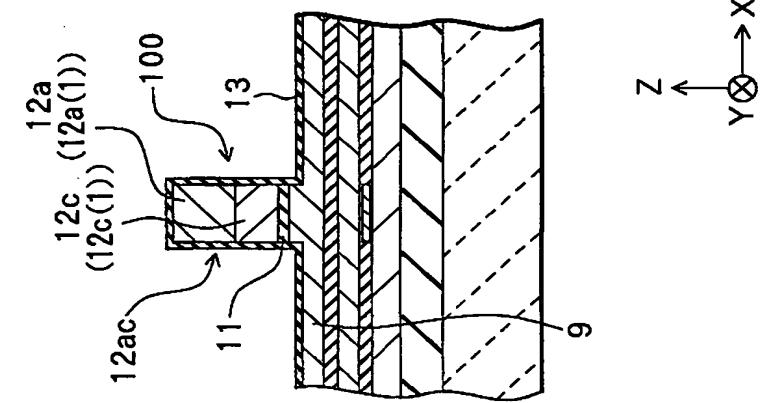


(A)

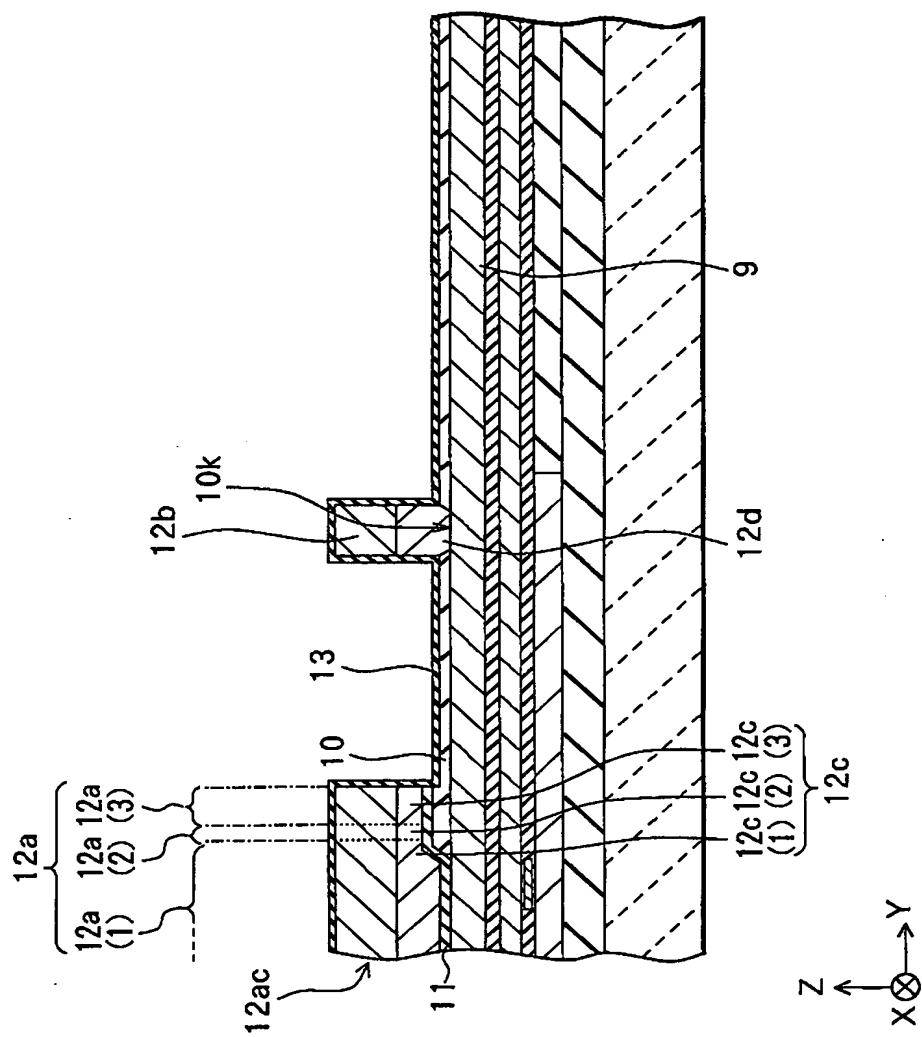


【図5】

(B)

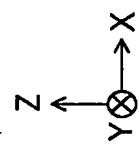
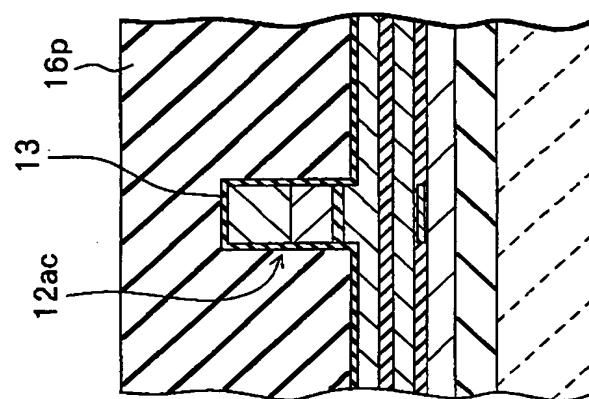


(A)

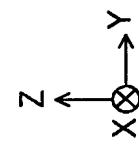
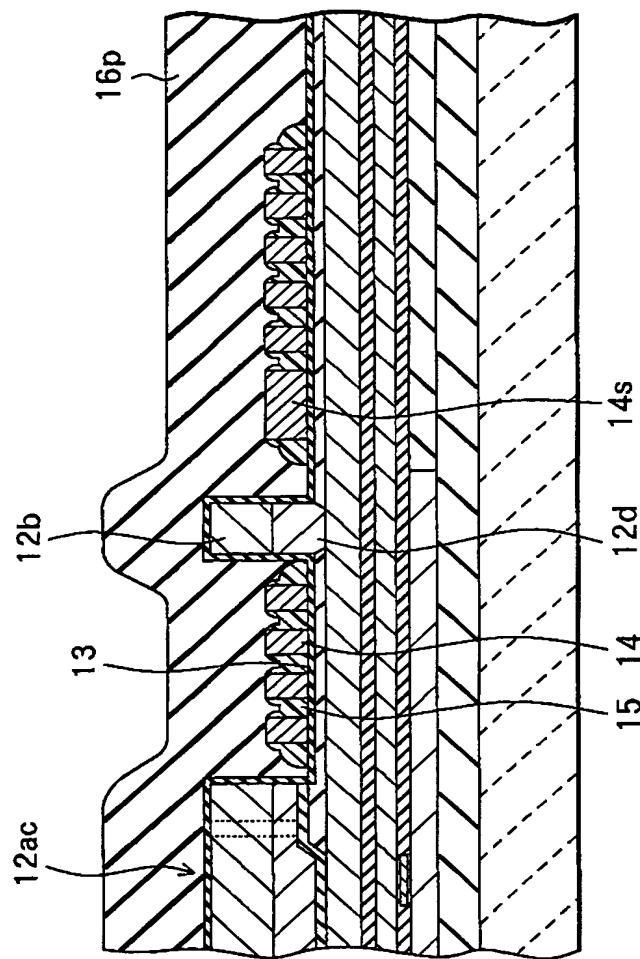


【図6】

(B)

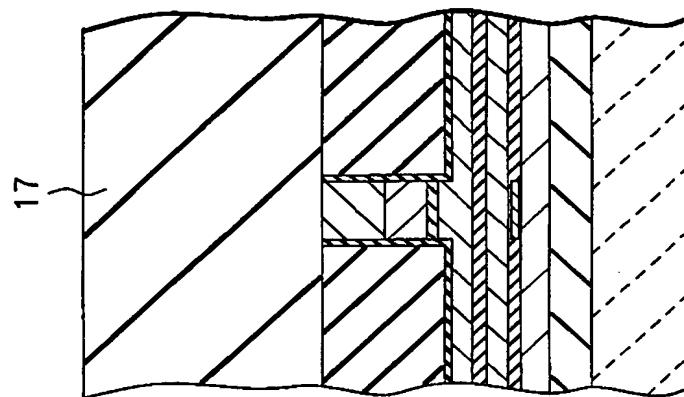


(A)



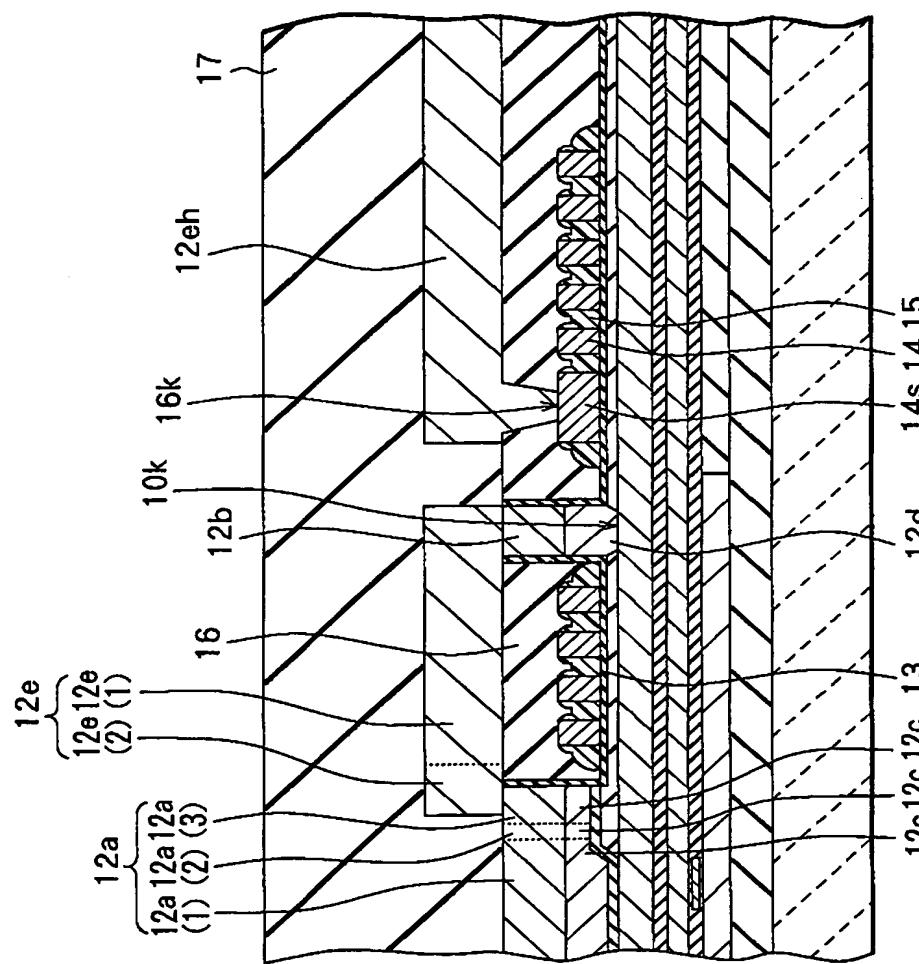
【図7】

(B)



X  
Y  
Z

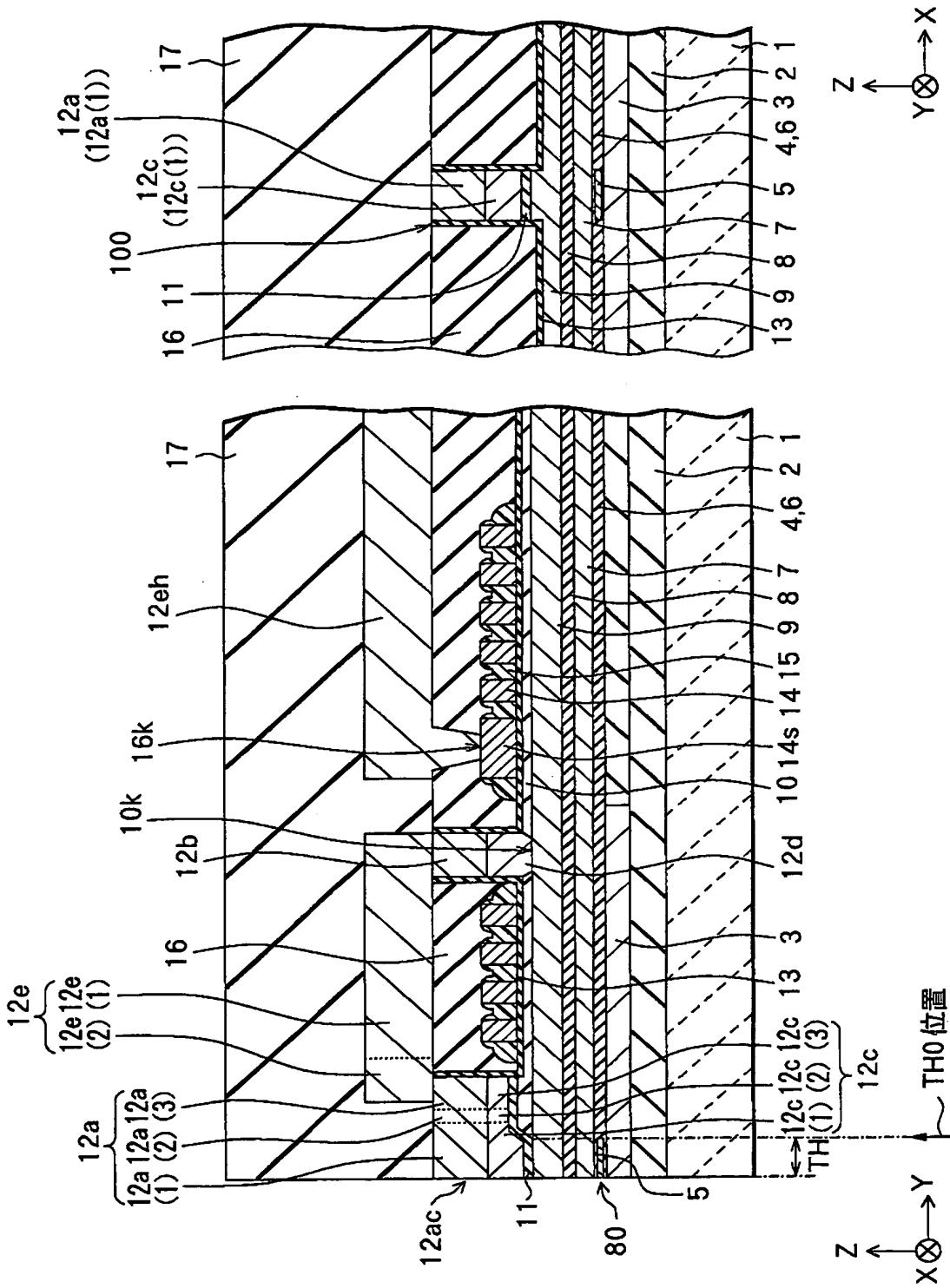
(A)



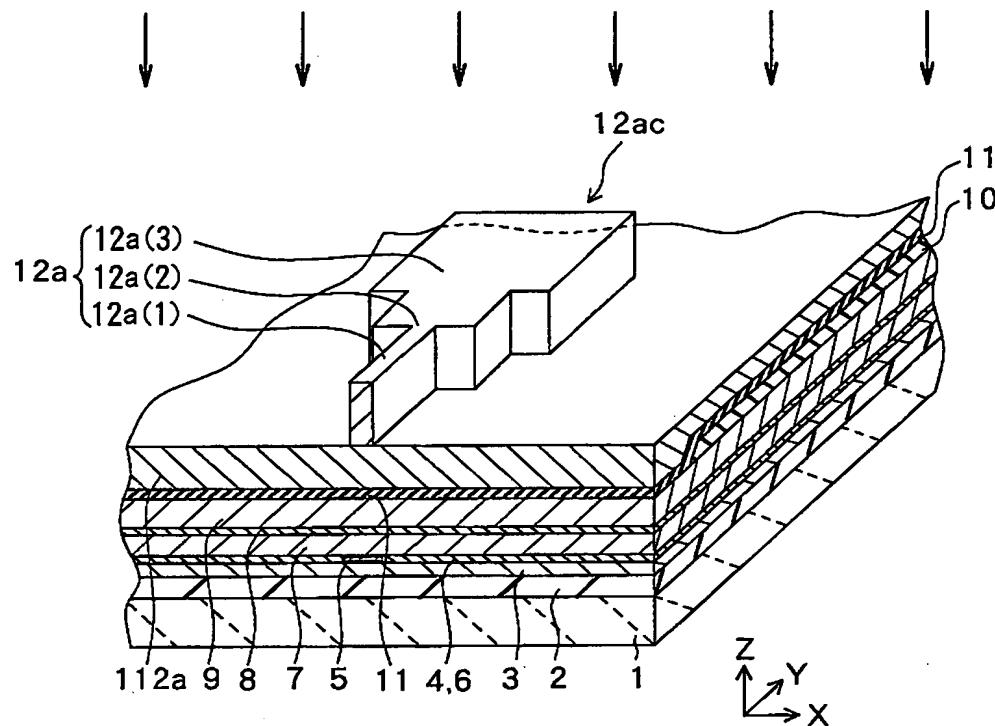
X  
Y  
Z

【図8】

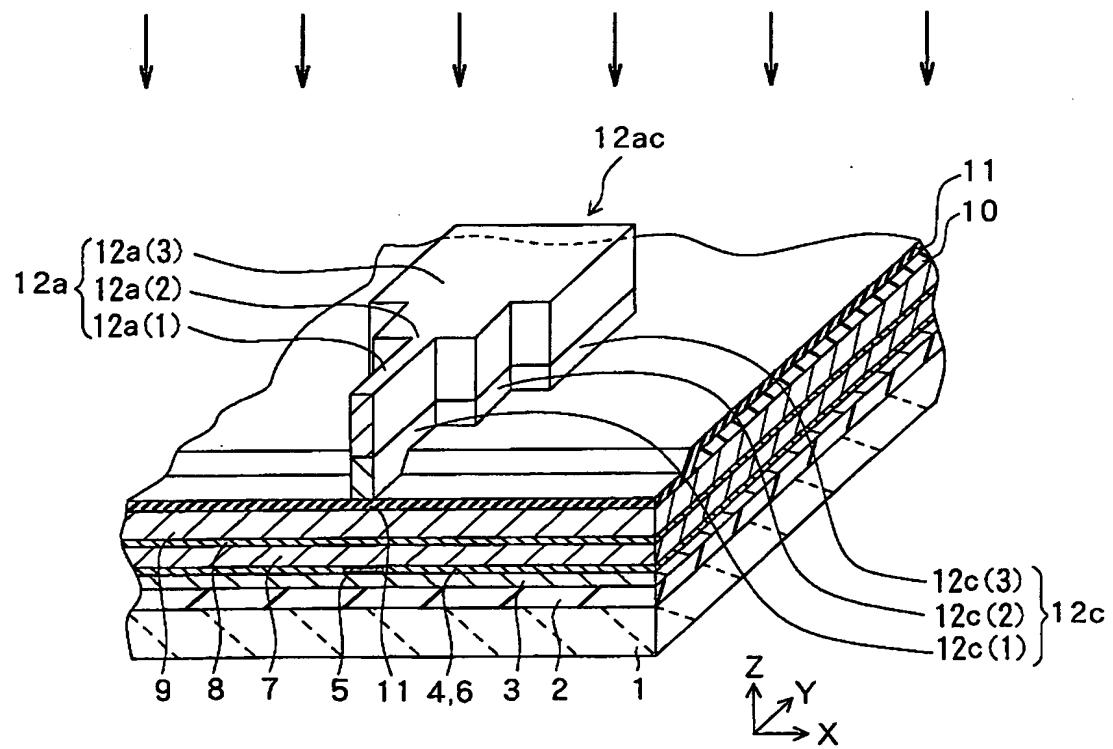
(B)



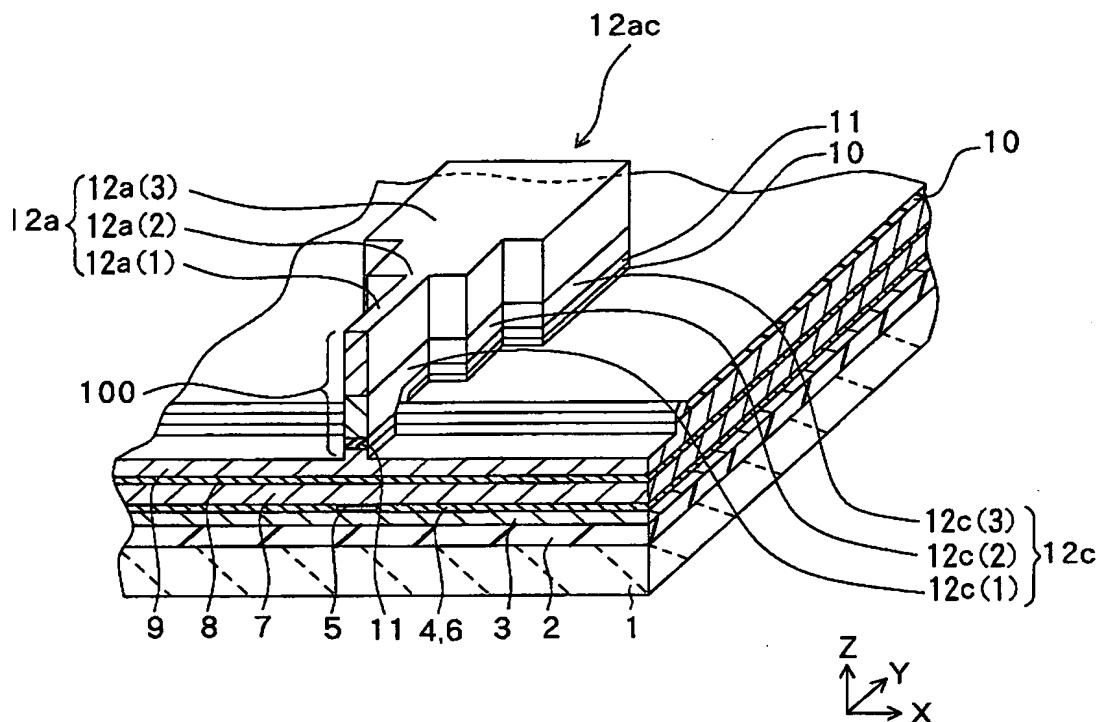
【図9】



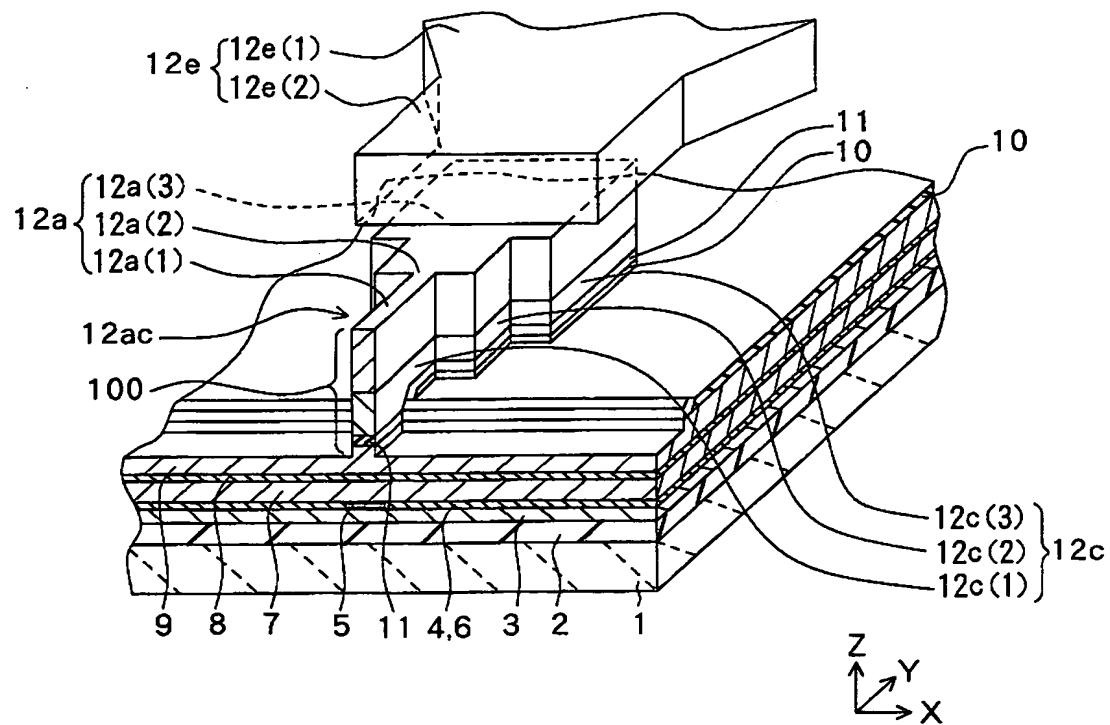
【図10】



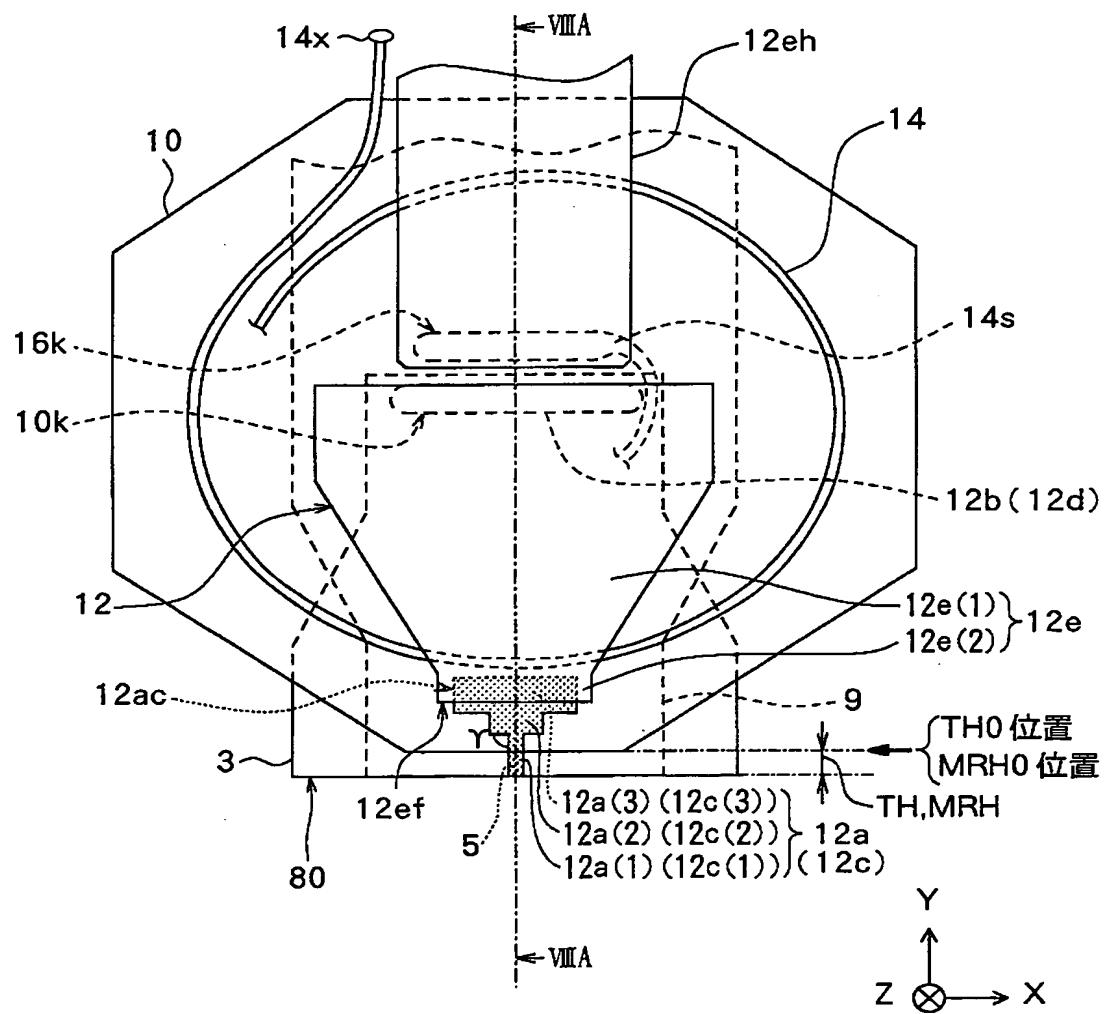
【図11】



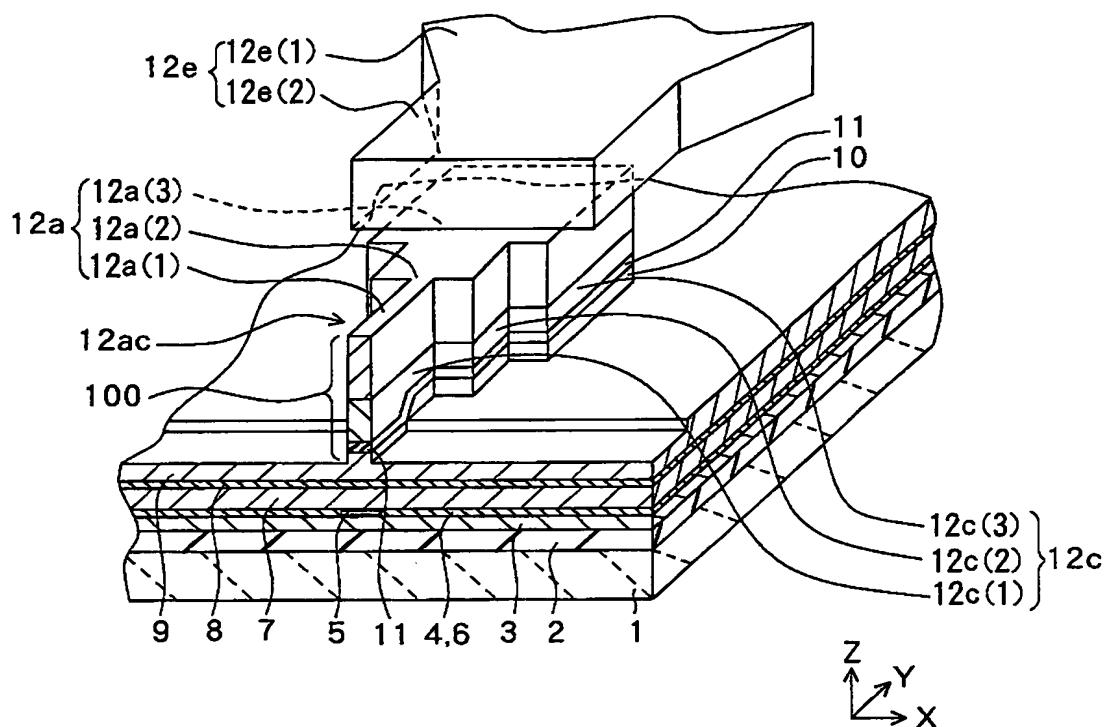
【図12】



【図13】

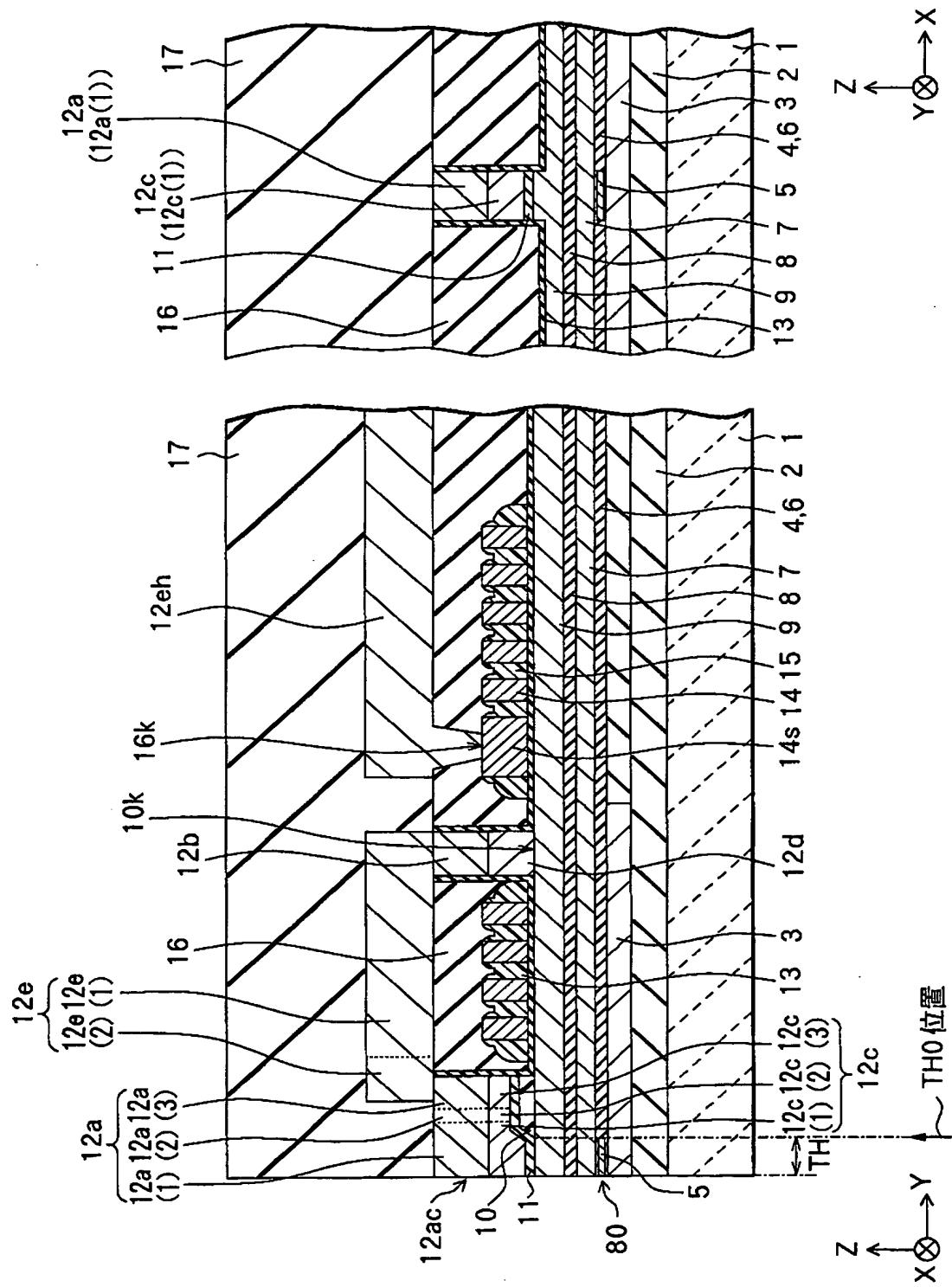


【図14】

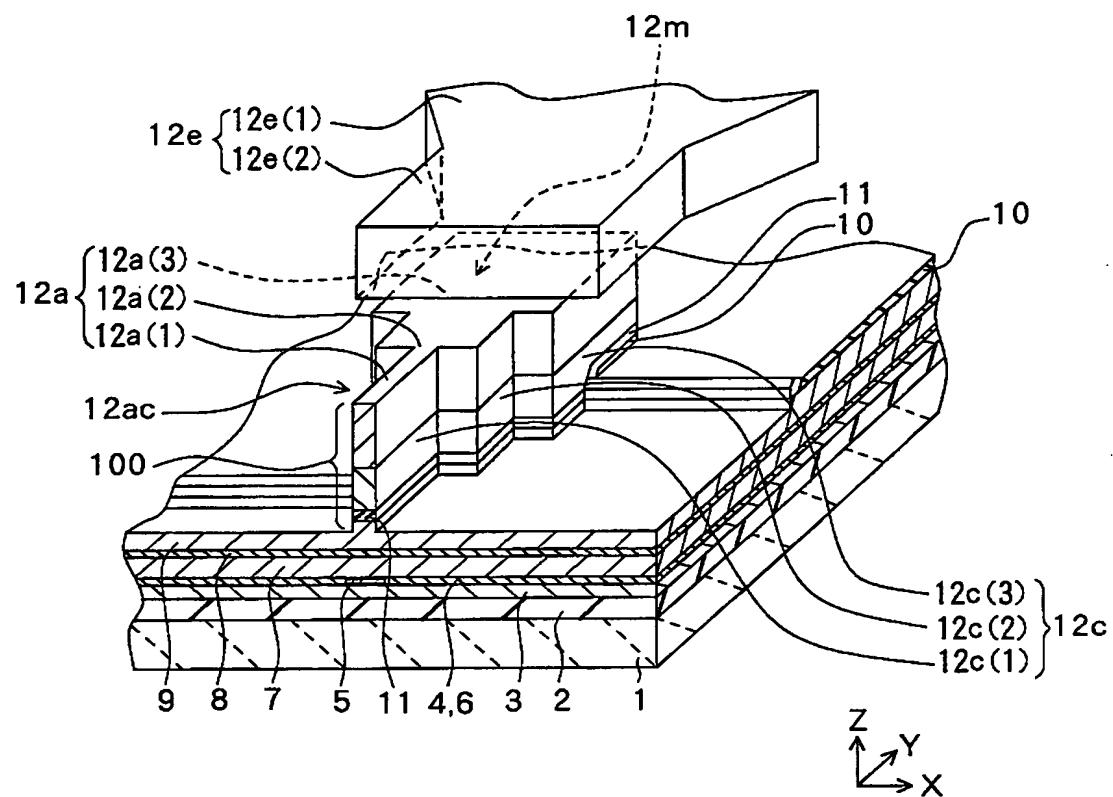


【図15】

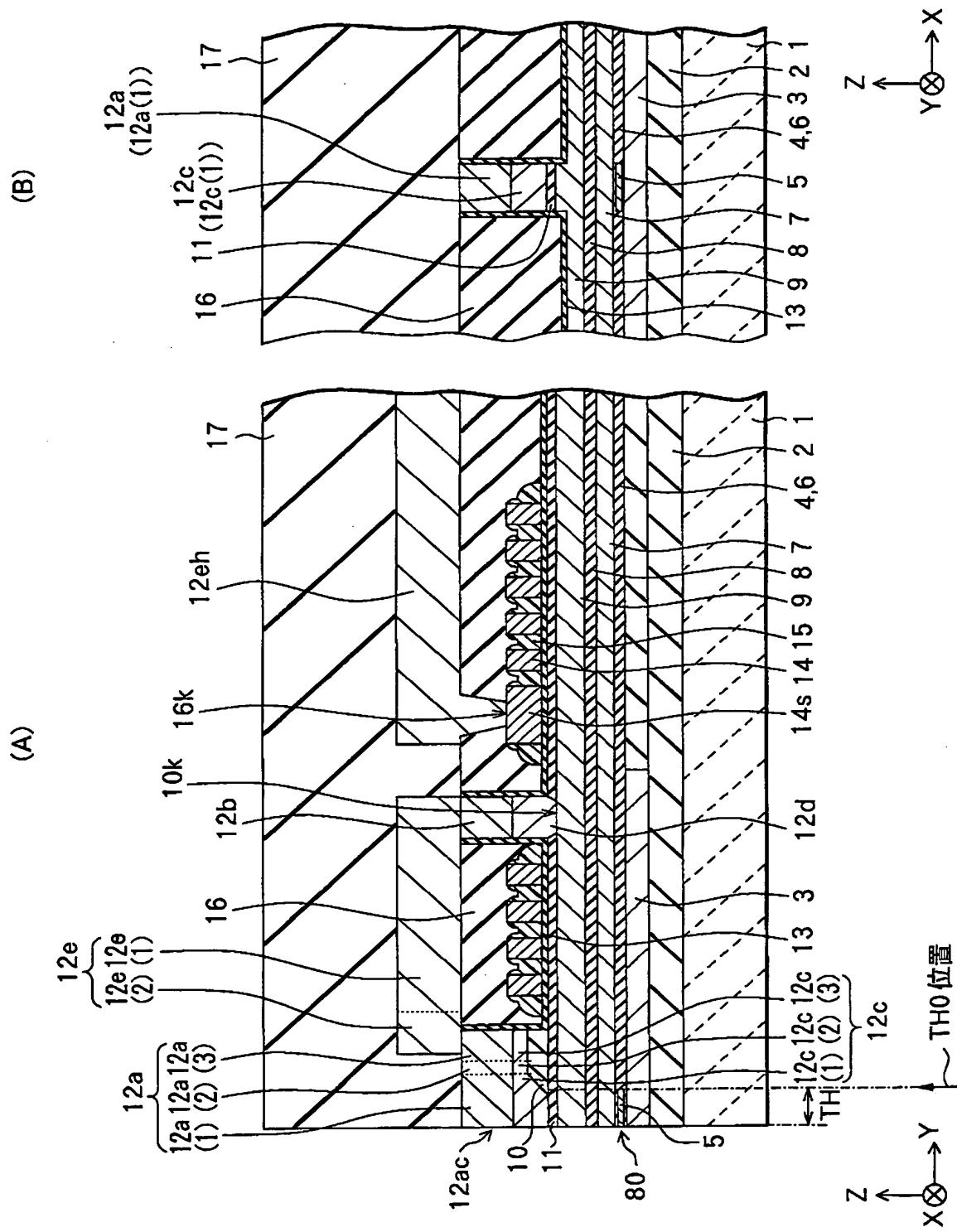
(B)



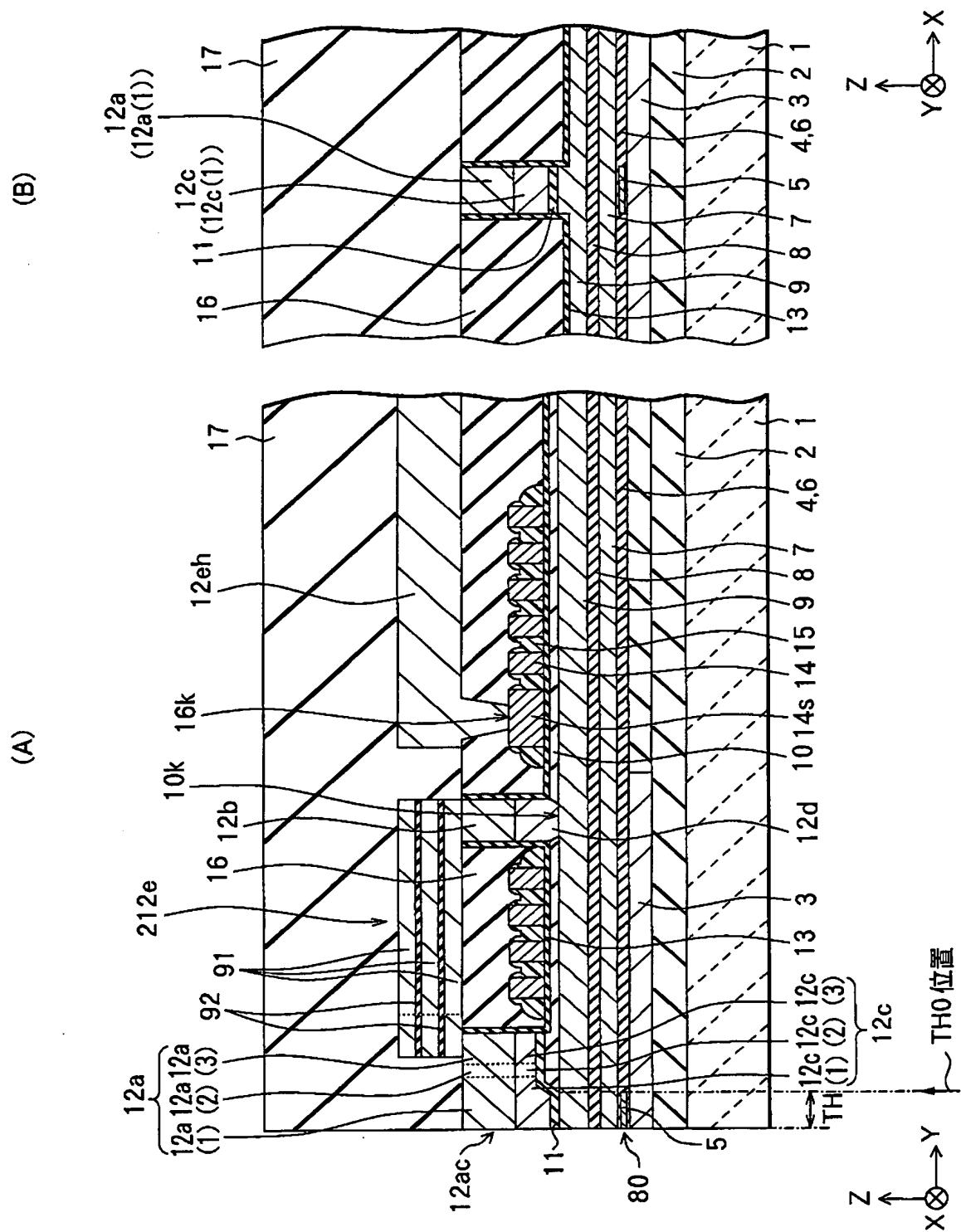
【図16】



### 【図17】

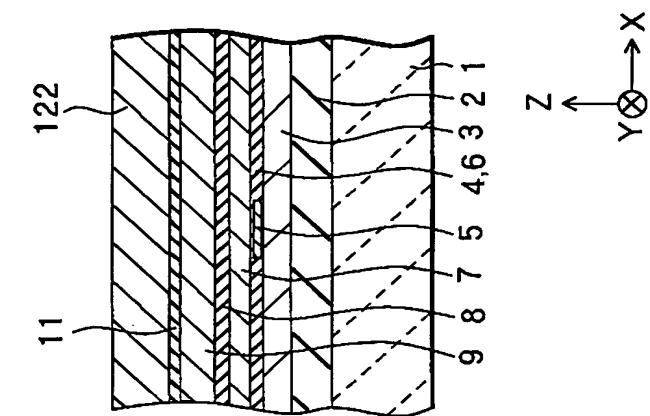


【図18】

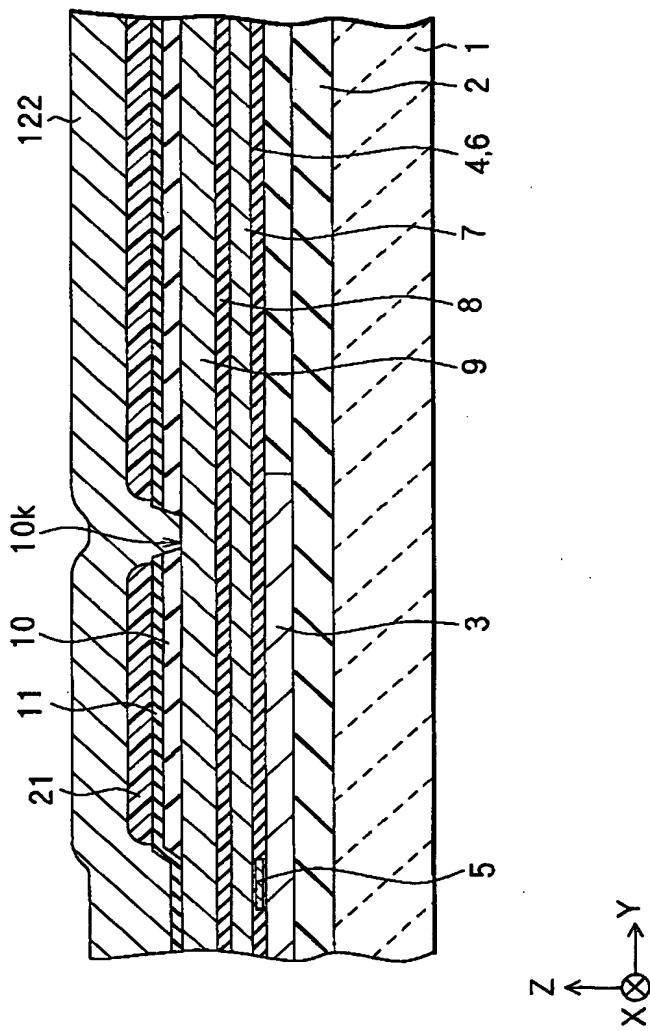


【図19】

(B)

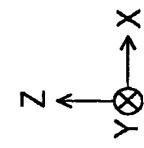
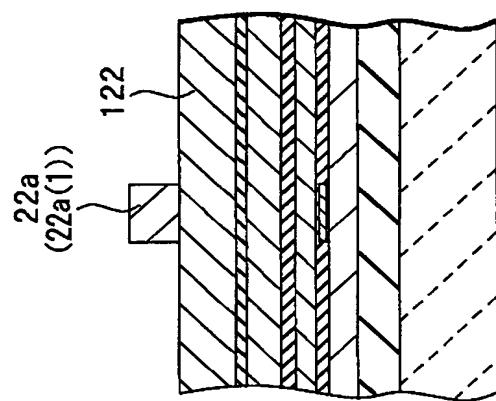


(A)

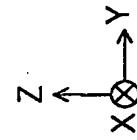
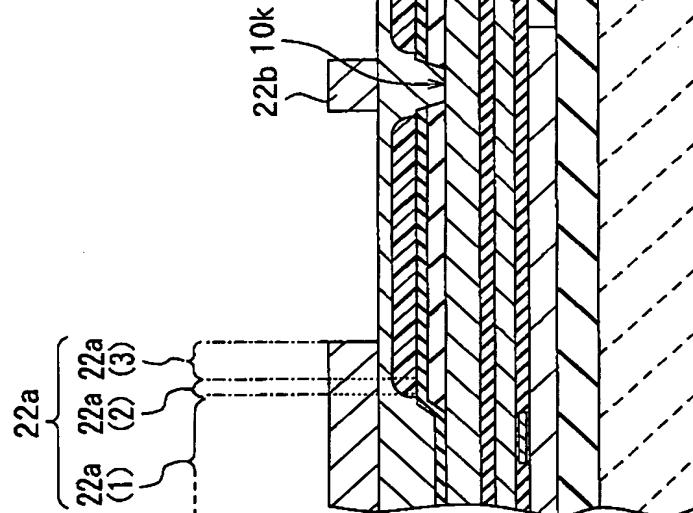


【図20】

(B)

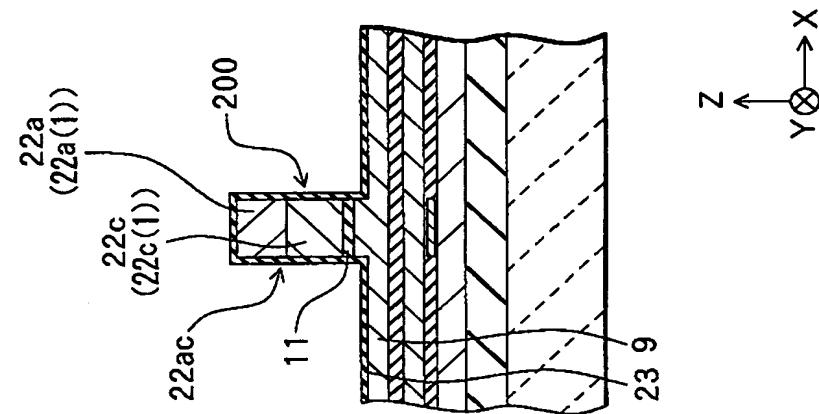


(A)

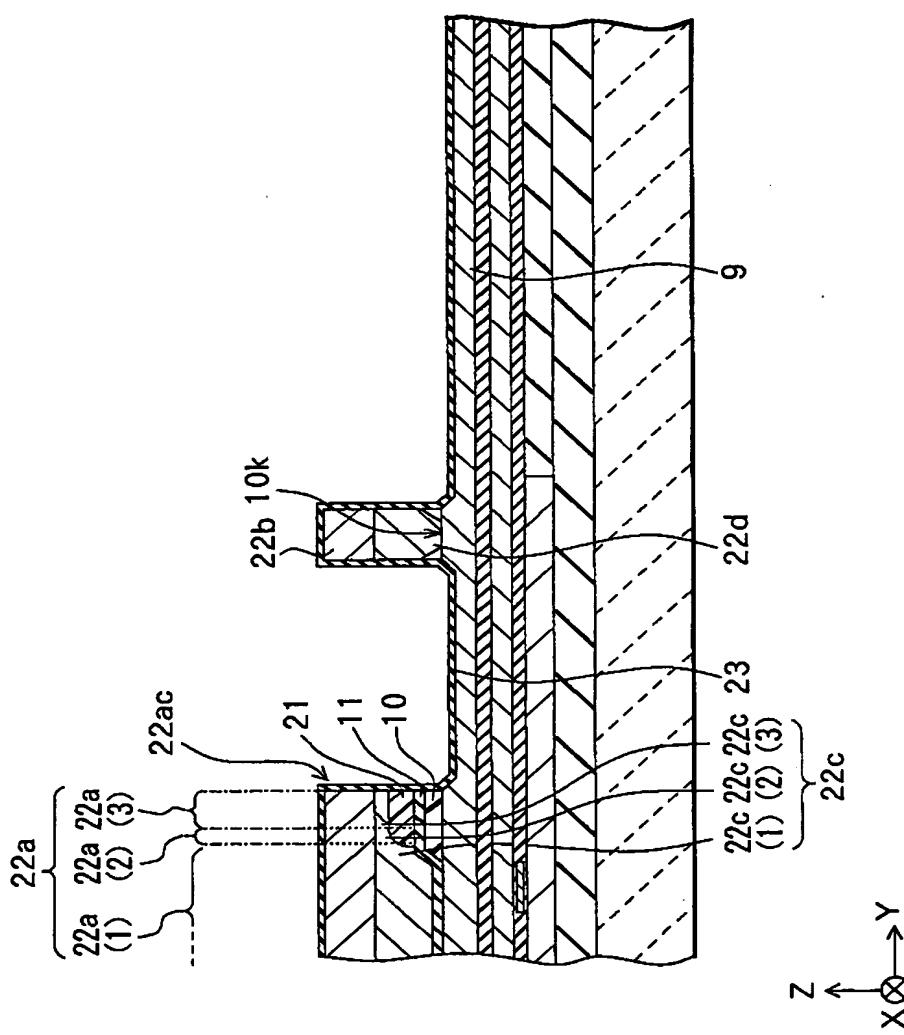


【図21】

(B)

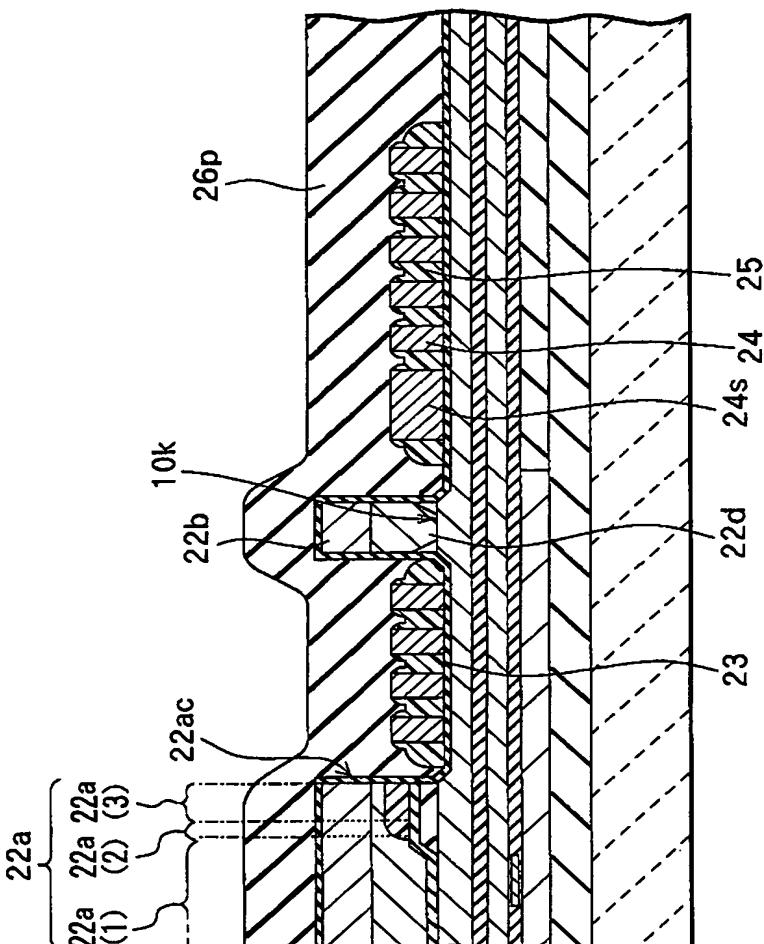


(A)

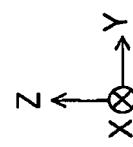
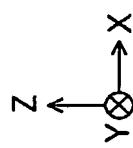
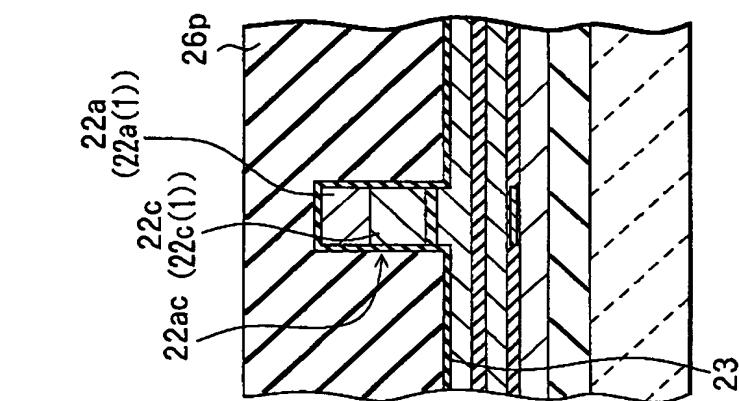


【図22】

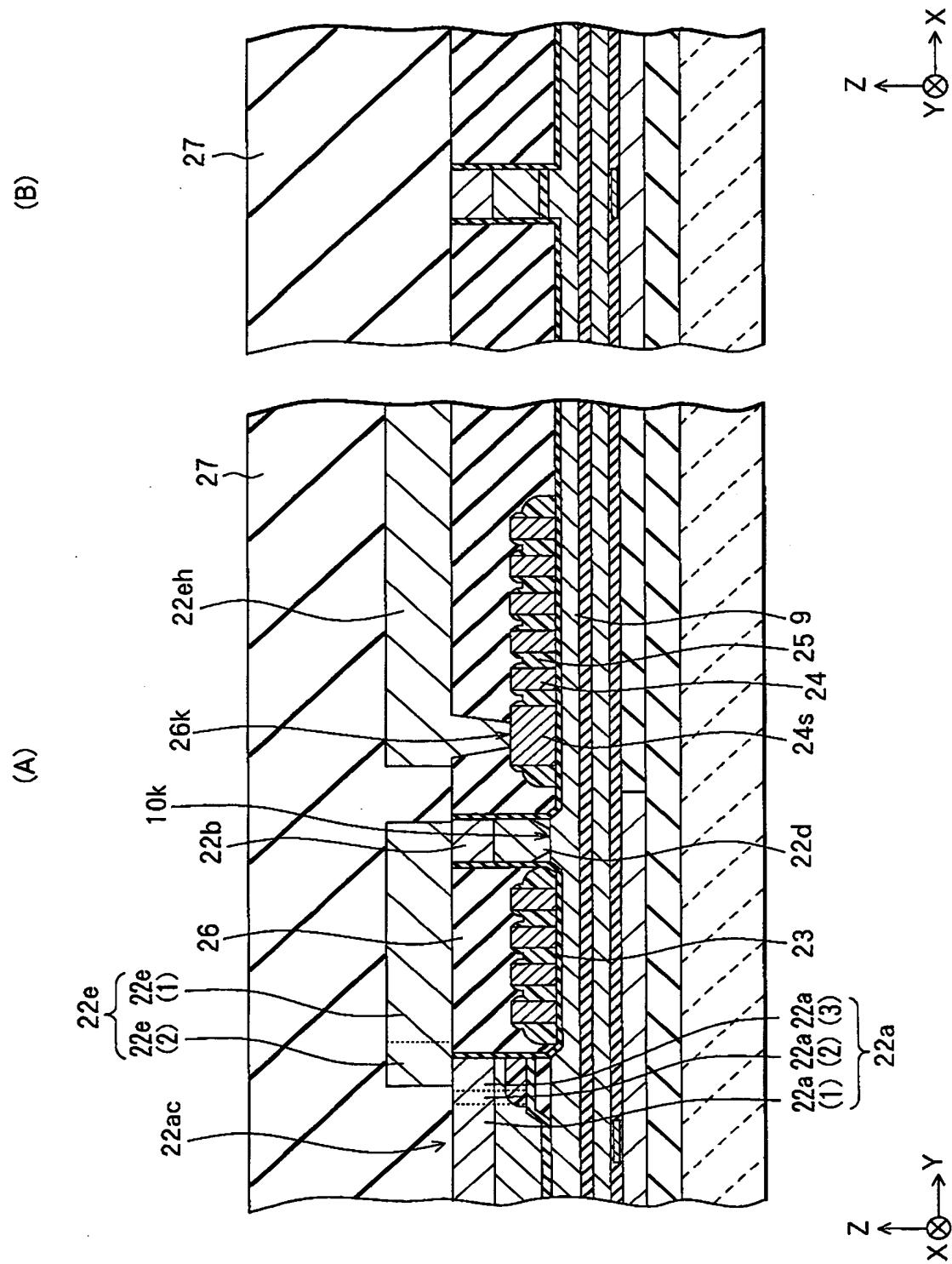
(B)



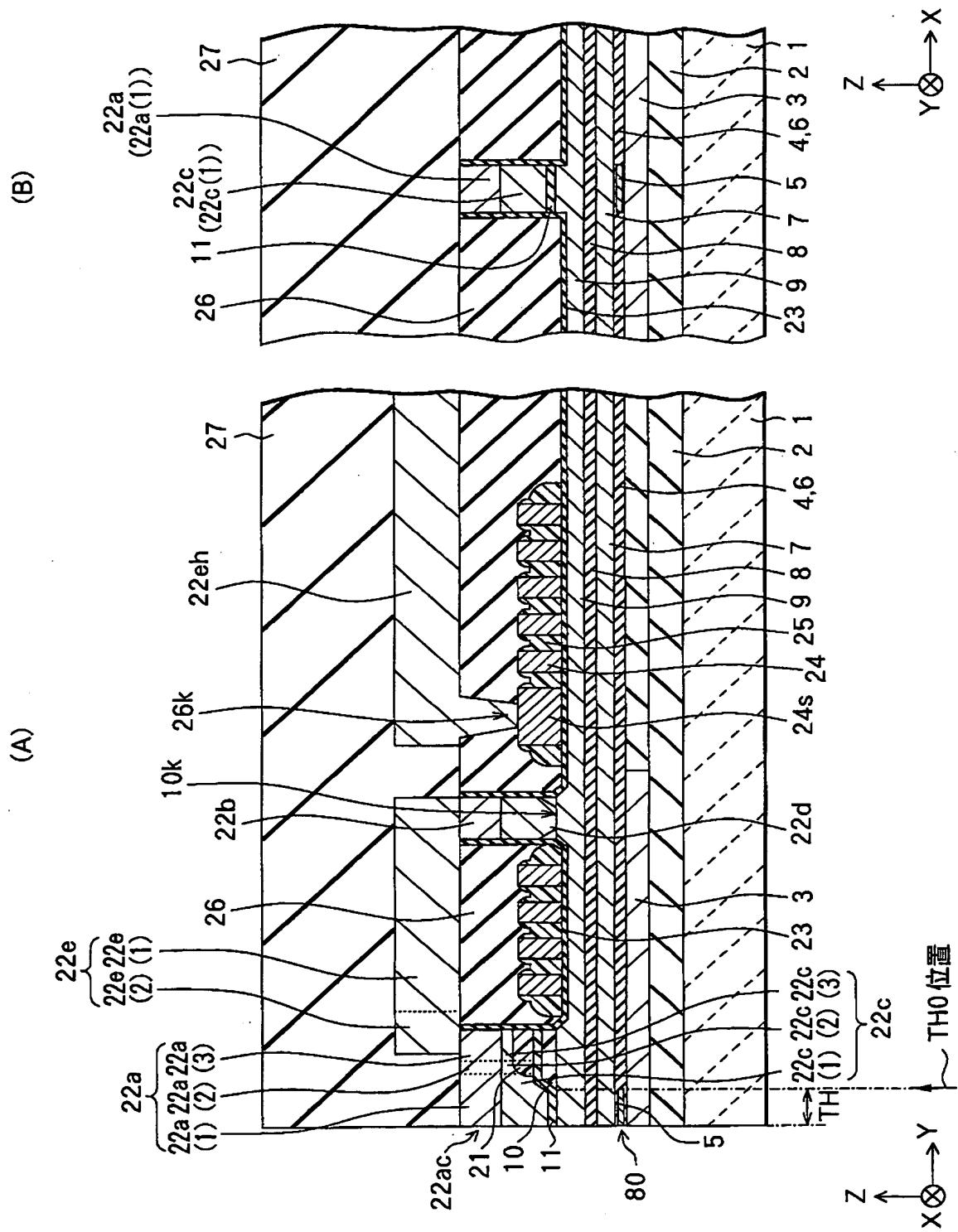
(A)



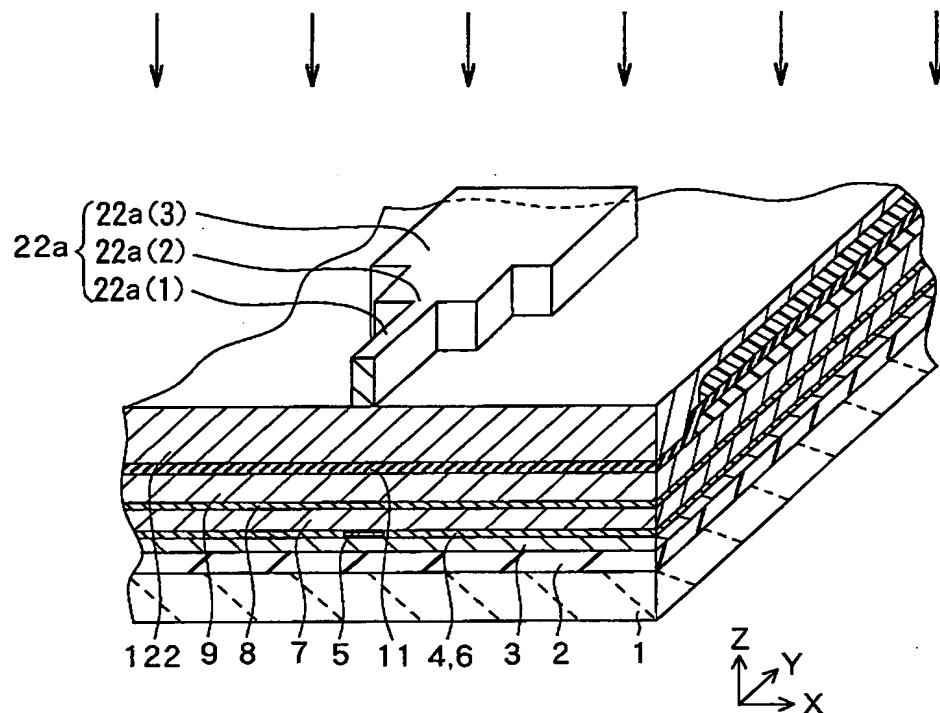
【図23】



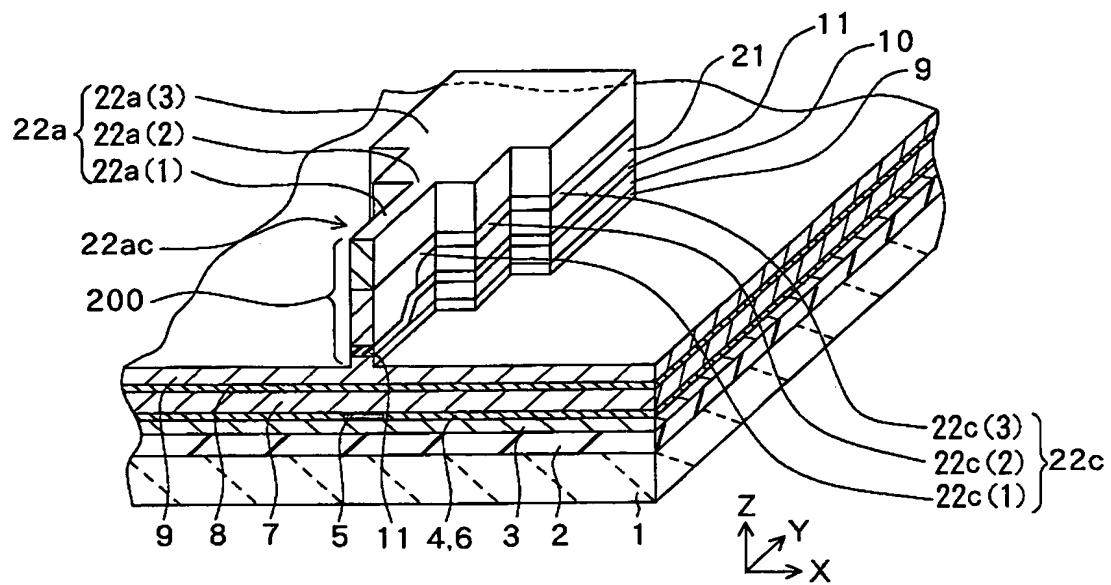
### 【図24】



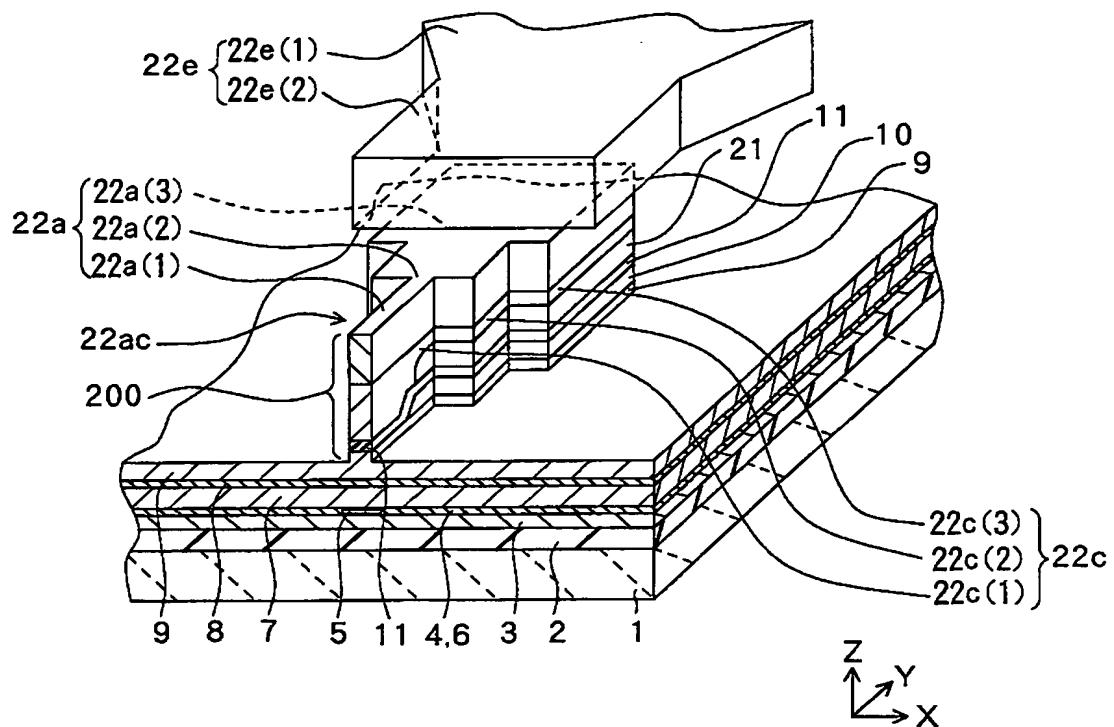
【図25】



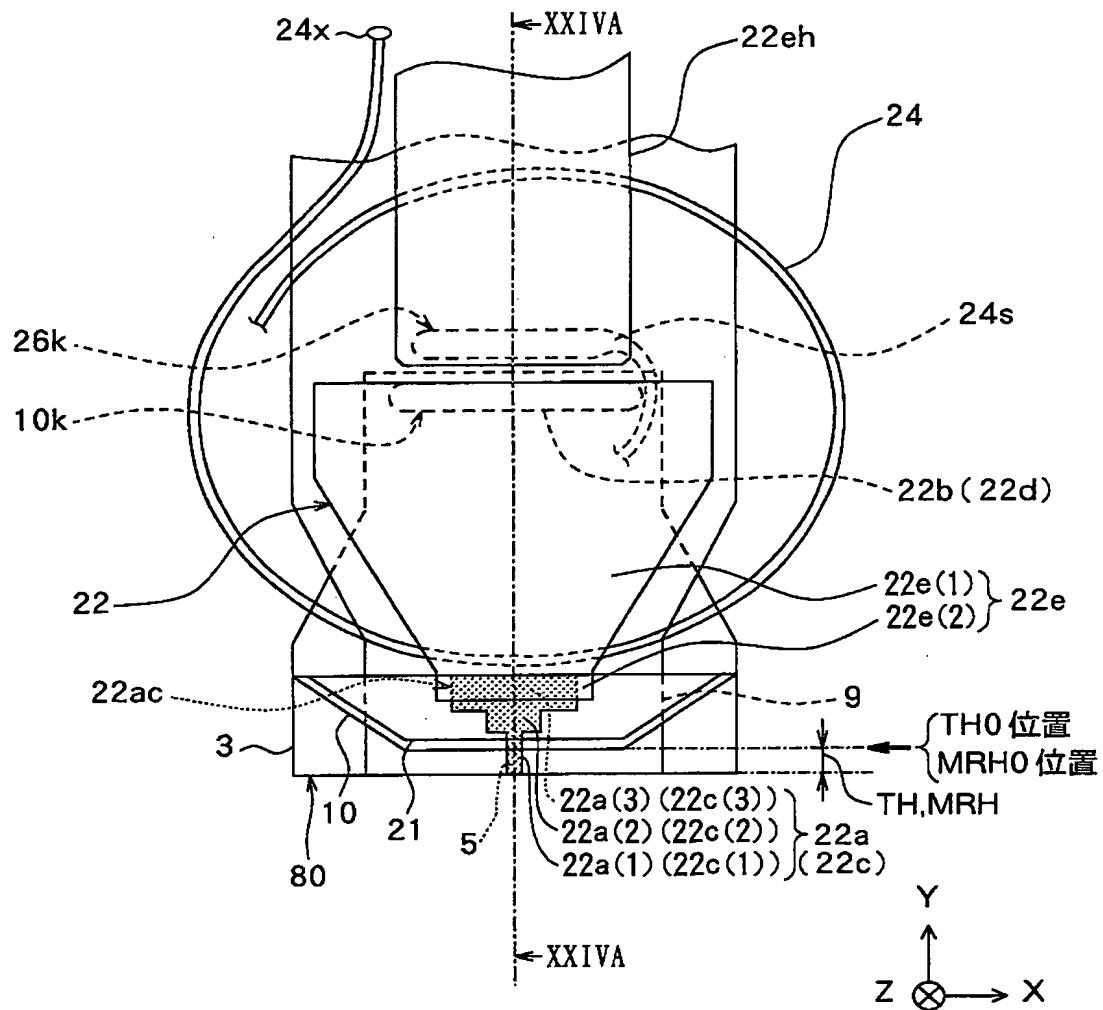
【図26】



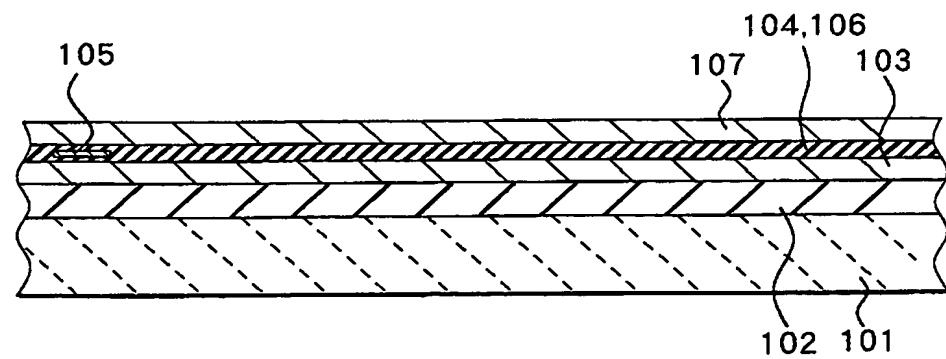
【図27】



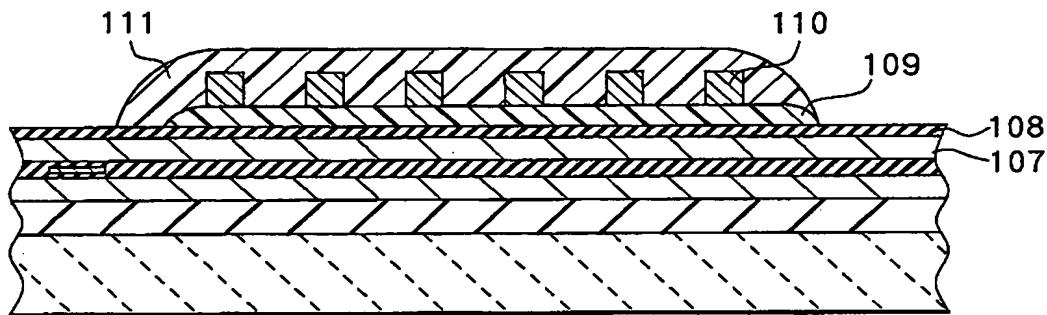
【図28】



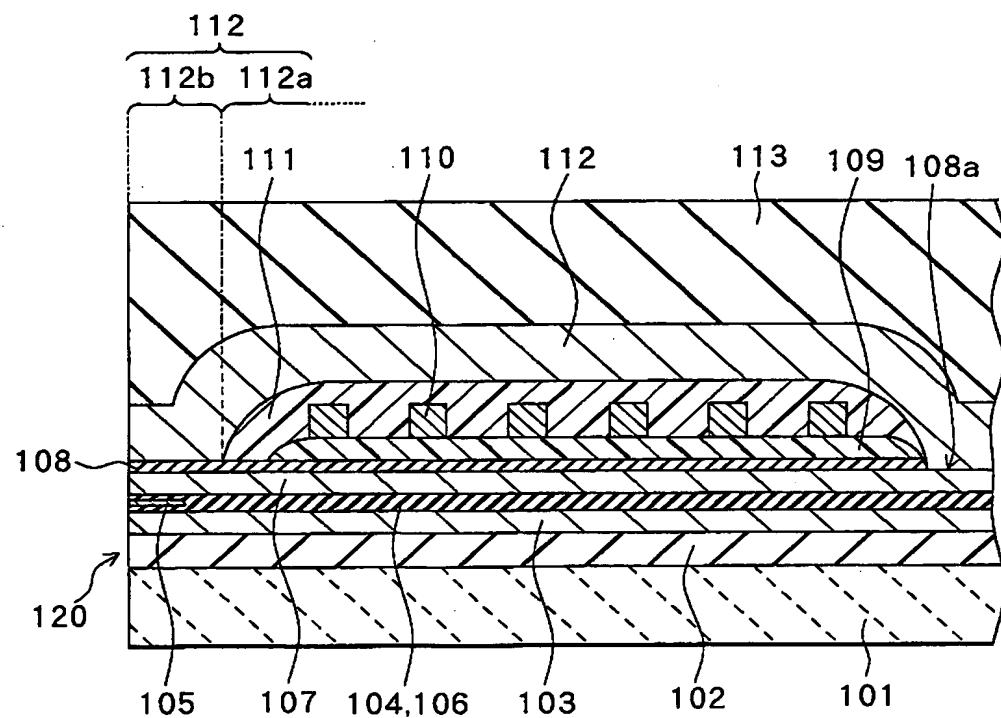
【図29】



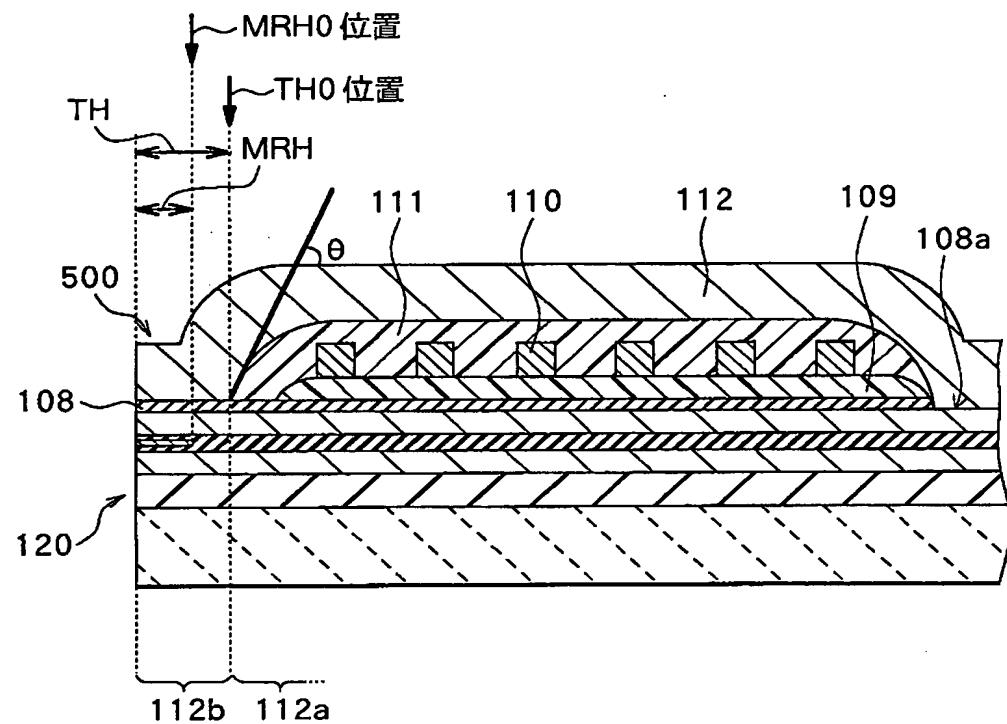
【図30】



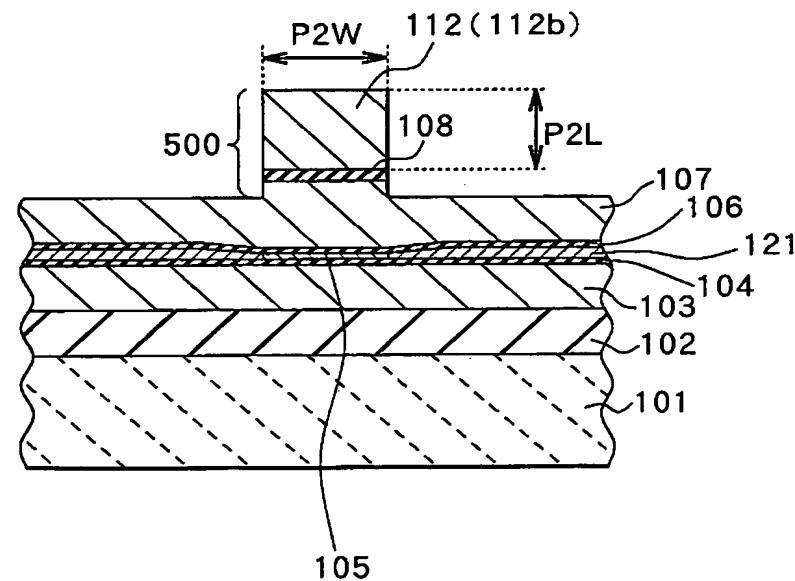
【図31】



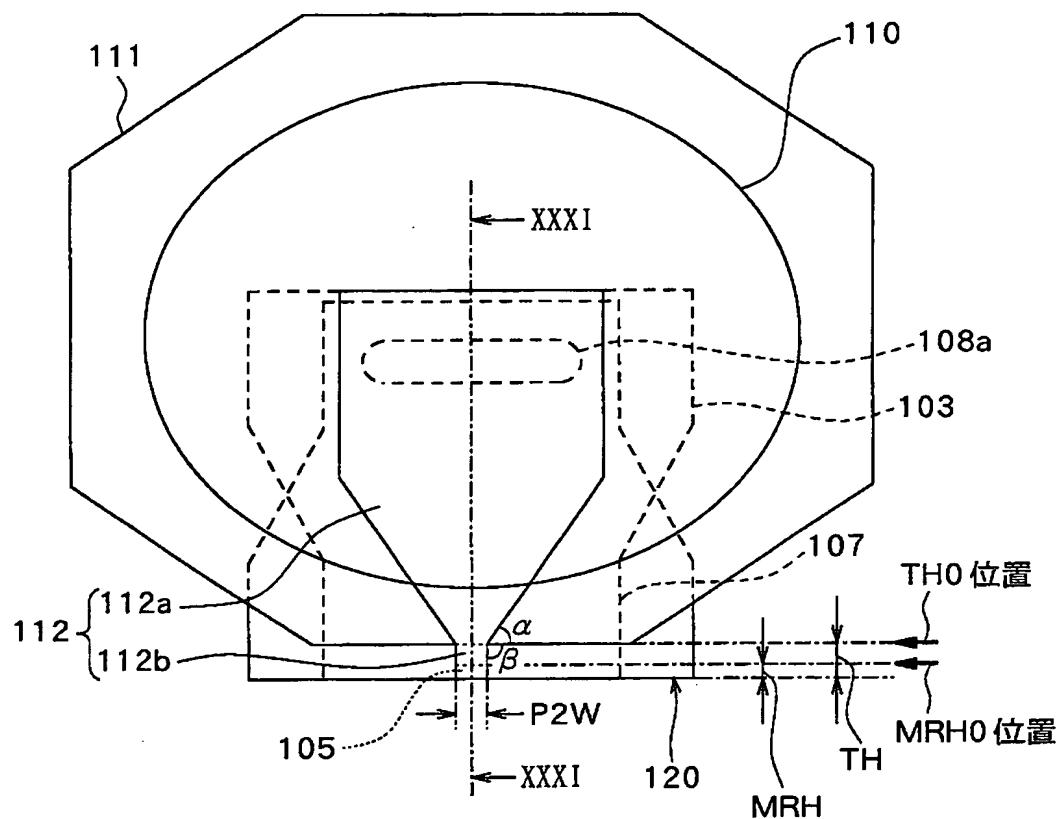
【図32】



【図33】



【図3-4】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 磁極幅を極微小化しつつ、優れたオーバーライト特性を有する薄膜磁気ヘッドおよびの製造方法を提供する。

【解決手段】 上部ポールチップ12a cは、その上層部分であるポールチップ部12aと下層部分であるポールチップ部12cとにより構成される。ポールチップ部12aおよびポールチップ部12cは、共に1.5テスラ以上の高い磁束密度を有する磁性材料よりなるものである。磁極幅を約0.3μm以下まで極微小化した場合においても、上部ポールチップ12a cの内部における磁束の飽和を抑制し、優れたオーバーライト特性を確保することができる。

【選択図】 図12

## 認定・付加情報

特許出願の番号	特願2000-195125
受付番号	50000812480
書類名	特許願
担当官	内山 晴美 7545
作成日	平成12年 7月27日

## &lt;認定情報・付加情報&gt;

## 【特許出願人】

【識別番号】	000003067
--------	-----------

【住所又は居所】	東京都中央区日本橋1丁目13番1号
----------	-------------------

【氏名又は名称】	ティーディーケイ株式会社
----------	--------------

## 【代理人】

【識別番号】	100109656
--------	-----------

【住所又は居所】	東京都新宿区新宿1丁目9番5号 大台ビル2階
----------	------------------------

【氏名又は名称】	翼国際特許事務所
----------	----------

【代理人】	三反崎 泰司
-------	--------

【識別番号】	100098785
--------	-----------

【住所又は居所】	東京都新宿区新宿1丁目9番5号 大台ビル2階
----------	------------------------

【氏名又は名称】	翼国際特許事務所
----------	----------

【代理人】	藤島 洋一郎
-------	--------

次頁無

出願人履歴情報

識別番号 [000003067]

1. 変更年月日 1990年 8月30日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都中央区日本橋1丁目13番1号  
氏 名 ティーディーケイ株式会社